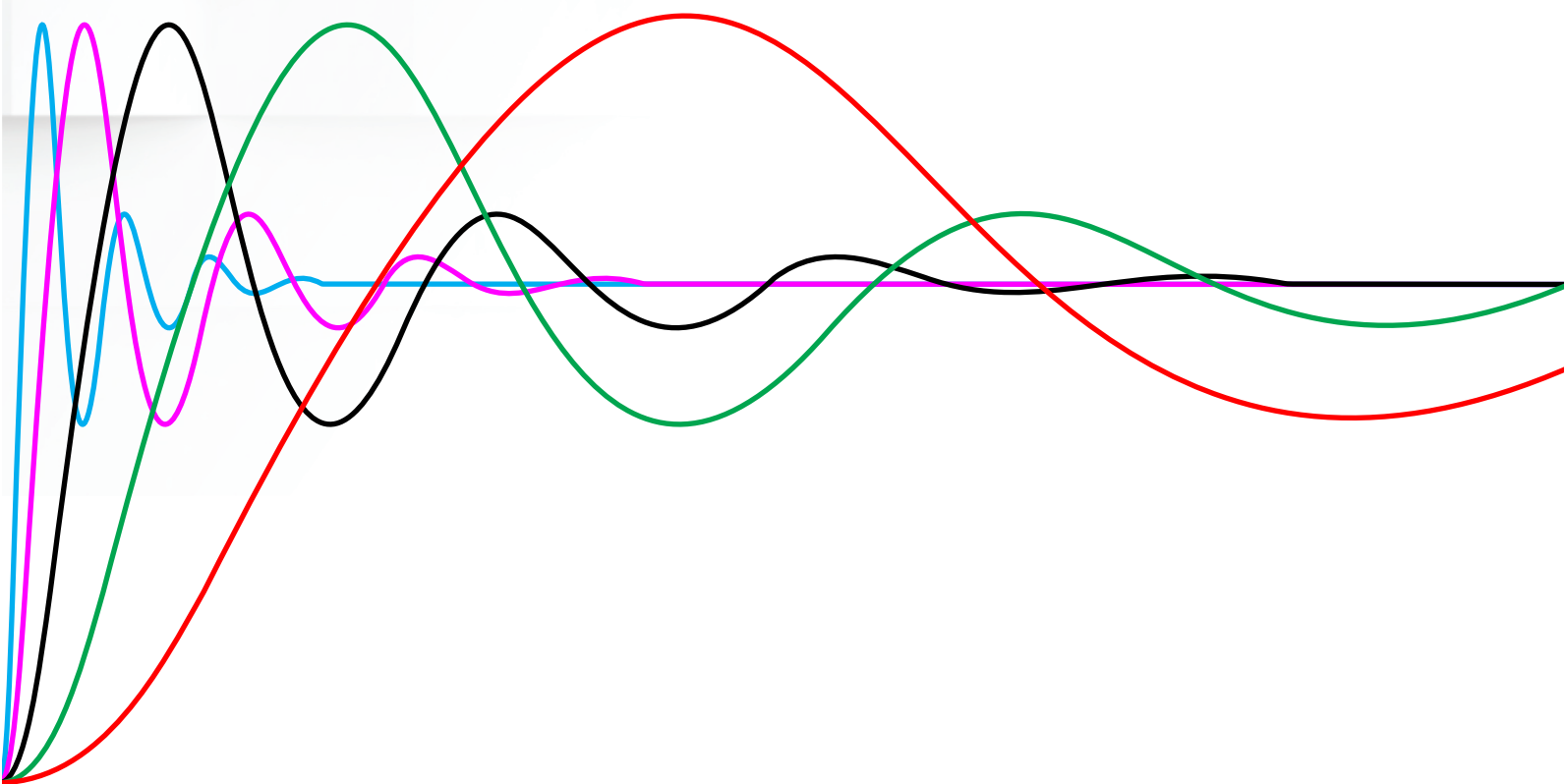


P-ISSN : 2685 - 4341
E-ISSN : 2685 - 5313

Vol. 5, No. 1 Juni 2023

Jurnal Riset Rekayasa Elektro



Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto



Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Terbit pertama kali tahun 2019
p-ISSN : 2685-4341

Penanggung Jawab/Publisher

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Pemimpin Redaksi/Editor-in-Chief

Arif Johar Taufiq, S.T., M.T

Dewan Redaksi/Editors

Muhamad Taufiq Tamam, S.T., M.T (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Wakhyu Dwiono, ST, MT (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)

Sekretaris Redaksi/Secretary of Editor

Bayu Aji Kurniawan, A.Md.T (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)

Alamat Redaksi/Address

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. KH Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182

<http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE/index>

email: jurnaljrre@ump.ac.id

Jurnal Riset Rekayasa Elektro (JRRE) adalah terbitan berkala ilmiah yang diterbitkan oleh Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. JRRE menyajikan artikel hasil pemikiran dan penelitian serta perkembangan terkini dari Teknik Elektro. Redaksi mengundang para peneliti, dosen, dan praktisi untuk bertukar pikiran dan memajukan keilmuan di bidang teknik elektro

(JRRE) Electrical Engineering Research Journal is a periodical scientific publication published by Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Science, Muhammadiyah University of Purwokerto. JRRE presents articles of thought and research as well as the latest developments from Electrical Engineering. Editors invite researchers, lecturers, and practitioners to exchange ideas and advance knowledge in the field of electrical engineering

Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Volume 5 No 1 Juni 2023

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
Perencanaan Jaringan LoRaWAN Untuk Smart Meter di Kabupaten Gresik	(1 – 14)
<hr/>	
I Ketut Agung Enriko, Fikri Nizar Gustiyana, Hedi Krishna	
Analisis Perbandingan Waktu Pengereman Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pengereman <i>Zero Sequence Braking</i> Dan <i>Plugging</i>	(15 – 22)
<hr/>	
Andika Dwi Pradana, Winarso	
Sistem Kontrol Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Fuzzy Logic	(23 – 32)
<hr/>	
Muhammad Faizal Akbar, Denny Irawan	
Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pemalang Menggunakan Perangkat Lunak Homer	(33 – 46)
<hr/>	
Muhammad Nurul Huda, Itmi Hidayat Kurniawan	
Sistem Keamanan Rumah Menggunakan RFID dan Keypad Matrix Dengan <i>One Time Pad</i>	(47 – 56)
<hr/>	
Abdul Rozaq, Denny Irawan, Yoedo Ageng Surya	
Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i> Cairan Infus Berbasis Website	(57 – 64)
<hr/>	
Sri Anggraeni Kadiran, Eko Supriyanto, Muhammad Yusuf Maghribi	
Analisis Rekonstruksi Jaringan dengan Upgrade Jaringan Tegangan Menengah 1 Fasa Menjadi 3 Fasa: Studi Kasus Gardu Induk Jepara Penyulang JP4 Tapping (125/1-42)	(65 – 74)
<hr/>	
Zaenal Arifin, Ahmad Faidlon, Dias Prihatmoko	
Sistem Peringatan Tersepat untuk Pengemudi Mengantuk	(75 – 82)
<hr/>	
Erika Lety Istikhomah Puspita Sari, I Ketut Agung Enriko	

PETUNJUK PENULISAN

ii

Perencanaan Jaringan LoRaWAN Untuk Smart Meter di Kabupaten Gresik

LoRaWAN Network Planning for Smart Meters in Gresik Regency

I Ketut Agung Enriko^{1*}, Fikri Nizar Gustiyana², Hedi Krishna³

¹Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Program Studi Teknik Telekomunikasi

Jl. DI Panjaitan NO. 128, Purwokerto Selatan, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147, (0281) 641629

²Telkom University, Fakultas Teknik Elektro

Jl. Telekomunikasi. 1, Terusan Buahbatu - Bojongsoang, Telkom University, Sukapura, Kec. Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40257

³Indonesia Telecommunication and Digital Research Institute (ITDRI)

Jl. Telkom Gegerkalong, Sukarasa, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40152

Informasi Makalah

Diajukan : 31 Maret 2023

Diterima : 1 Mei 2023

Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Smart Meter, LoRaWAN, Spreading Factor, Coverage Planning

Keyword:

Smart Meter, LoRaWAN, Spreading Factor, Coverage Planning

INTISARI

Perkembangan teknologi terutama di bidang energi sangat pesat, Energi meter digital yang dikembangkan adalah smart meter. Smart meter mempunyai informasi tambahan seperti besar energi yang terpakai dalam kWh dan harga energi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan LoRaWAN di sisi *coverage* untuk mengetahui berapa jumlah *gateway* yang dibutuhkan dan untuk merancang smart meter berbasis IoT untuk memaksimalkan dan memudahkan masyarakat terutama pada kebutuhan listrik untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Metode yang digunakan berupa simulasi menggunakan *software* Atoll versi 3.40 dan beberapa tahapan perhitungan untuk memprediksi kekuatan dan kualitas sinyal di daerah Kabupaten Gresik. Penelitian ini menggunakan frekuensi 920 MHz dengan *bandwidth* 125 khz dan *Spreading factor* 1 sampai 12. Hasil yang didapat berupa perbandingan jumlah *gateway*, kekuatan sinyal dan kualitas sinyal berdasarkan variasi *spreading factor*. SF 7 menghasilkan 77 *gateway* dengan kekuatan sinyal -69,29 dBm dan kualitas sinyal 8.43 dBm. *spreading factor*. SF 12 menghasilkan 35 *gateway* dengan kekuatan sinyal -86,08 dBm dan kualitas sinyal 9,04 dBm. Semakin besar SF yang digunakan akan meningkatkan kualitas sinyal tetapi mengurangi kekuatan sinyal dan juga *gateway* yang lebih sedikit.

ABSTRACT

This research aims to design a LoRaWAN network on the coverage side to find out how many gateways are needed and to design an IoT-based smart meter to maximize and facilitate the community, especially in electricity needs to support daily activities. The method used is a simulation using Atoll software version 3.40 and several stages of calculation to predict signal strength and quality in the Gresik Regency area. This study uses a frequency of 920 MHz with a bandwidth of 125 kHz and a Spreading factor of 1 to 12. The results obtained are a comparison of the number of gateways, signal strength and signal quality based on the variation of the spreading factor. SF 7 produced 77 gateways with a signal strength of -69.29 dBm and a signal quality of 8.43 dBm. spreading factor. SF 12 produces 35 gateways with a signal strength of -86.08 dBm and a signal quality of 9.04 dBm. The greater the SF used will improve signal quality but reduce signal strength and also fewer gateways.

Gambar 1. Peta Wilayah Kabupaten Gresik

Lokasi Kabupaten Gresik terletak di sebelah Barat Laut Kota Surabaya yang merupakan Ibu kota Propinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 1.191,25 km² yang terbagi dalam 18 kecamatan, 330 desa, dan 26 kelurahan. Secara geografis wilayah Kabupaten Gresik terletak antara 112° sampai 113° Bujur Timur dan 7° sampai 8° Lintang Selatan serta merupakan dataran rendah dengan ketinggian 2 sampai 12 meter di atas permukaan air laut, kecuali Kecamatan Panceng yang mempunyai ketinggian 25 meter di atas permukaan air laut [6].

Jumlah penduduk Kabupaten Gresik sebesar 1,31 juta penduduk Kabupaten Gresik, sebesar 87,23 persen atau sekitar 1,14 juta penduduk berdomisili sesuai KK/KTP. Sementara sebesar 12,77 persen atau lebih dari 167 ribu lainnya berdomisili tidak sesuai KK/KTP berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik [7].

Tabel 1. *Link Budget* LoRa [8].

Parameter	UL	DL
<i>Tx Power</i> (dBm)	15	20
<i>Tx Cable loss</i> (dB)	-1	-3
<i>Tx Antenna Gain</i> (dBi)	0	9
<i>Tx Antenna Height</i> (m)		30
<i>RX Antenna gain diversity</i> (dBi)	10	0
<i>Rx Antenna Height</i> (m)		1,5
<i>Frequency</i> (MHz)		920
<i>Bandwidth</i> (kHz)		125

Perhitungan *link budget* diperlukan untuk menghitung daya sinyal hilang antara *gateway* dan perangkat akhir untuk mendapatkan cakupan area maksimum *per site* [4].

2.1. Menghitung Nilai Sensitivitas LoRa

LoRa memiliki sensitivitas tinggi dan dapat diidentifikasi meskipun sinyalnya lemah, yang memungkinkan untuk meningkatkan jarak komunikasi. Sensitivitas LoRa digunakan untuk mencari nilai *maximum allowable path loss* (MAPL).

Perhitungan sensitivitas LoRa didasarkan pada *Spreading Factor* dan SNR, di mana perhitungan sensitivitas adalah sebagai berikut:

$$\text{Sensitivitas SF} = -174 + 10 \log(BW) + 6 + (-SNR \text{ limit}). \quad (1)$$

Tabel 2. Sensitivitas LoRa

Sensitivitas (dBm)					
SF 7	SF 8	SF 9	SF 10	SF 11	SF 12
-125	-127	-130	-132	-135	-137

Tabel 2 merupakan hasil nilai sensitivitas lora berdasarkan nilai spreading factor menggunakan rumus dari persamaan (1).

2.2. Maximum Allowable Path Loss (MAPL)

MAPL diperlukan untuk mengetahui nilai tertinggi dari redaman diperbolehkan antara *gateway* LoRa dan perangkat akhir [9]. Rumus perhitungan EIRP dan MAPL adalah sebagai berikut:

$$\text{EIRP (UL/DL)} = \text{Tx Power} + \text{Gain Antenna Tx} - \text{Loss Cable} \quad (2)$$

Tabel 3. Nilai EIRP

EIRP	Device	Nilai (dBm)
EIRP Downlink	Gateway	26
EIRP Uplink	End Device	14

Tabel 3 merupakan hasil perhitungan nilai EIRP menggunakan rumus dari persamaan (2). Nilai EIRP dibutuhkan untuk mencari nilai dari MAPL LoRa.

$$\text{MAPL (UL/DL)} = \text{EIRP} - \text{Sensitivity} \quad (3)$$

Tabel 4. Nilai MAPL

<i>Spreading Factor</i>	MAPL <i>Downlink</i> (dBm)	MAPL <i>Uplink</i> (dBm)
7	151,00	139,00
8	153,00	141,00
9	156,00	144,00
10	158,00	146,00
11	161,00	149,00
12	163,00	151,00

Tabel 4 merupakan hasil nilai MAPL berdasarkan nilai spreading factor menggunakan rumus dari persamaan (3).

2.3. Menghitung Cell Radius menggunakan Propagation Model

Propagasi yang digunakan dalam *coverage planning* ini adalah propagasi *Okumura Hatta*. Model ini digunakan untuk menentukan *pathloss* di frekuensi kisaran 150 MHz hingga 1500 MHz, radius sel berkisar 1-20 km, tinggi *antenna transmitter* 30-200 m, dan ketinggian *antenna terminal* berkisar dari 1 –10 m [10]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pathloss* adalah sebagai berikut:

$$PL = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log hb - a(hm) + (44.9 - 6.55 \log hb) \log_{10} d \quad (4)$$

$$a(hm) = (1.1 \log_{10}(f) - 0.7)hm - (1.56 \log_{10}(f) - 0.8) \quad (5)$$

dimana,

f = frekuensi (150 Mhz – 1500 MHz)

hb= tinggi *transmitter* (30 s/d 200 m)

hm = tinggi *receiver* (1 m s/d 10 m)

d = jarak antara *transmitter* dengan *receiver* (1 km s/d 20 km)

a(hm)= *Receiver factor correction*

Tabel 5. Nilai Cell Radius

<i>Spreading Factor</i>	a(hm)	Cell Radius (km)	
		<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>
7	0,0167	0,7764	5,97558
8		0,8332	6,8102
9		0,9183	8,2856
10		0,9751	9,4429
11		1,0603	11,4887
12		1,1170	13,0933

Tabel 5 merupakan hasil nilai Cell Radius berdasarkan nilai *spreading factor* menggunakan rumus dari persamaan (4) dan (5).

2.4. Menghitung Luas Cell

Setelah mendapatkan nilai cell radius (d), diperlukan perhitungan untuk mengetahui luas cell pada *gateway* untuk mendapatkan jumlah gateway yang dibutuhkan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung luas cell adalah sebagai berikut:

$$L_{Cell} = (3\sqrt{((3d)^2)})/2 \quad (6)$$

Tabel 6. Nilai Luas Cell

<i>Spreading Factor</i>	Luas Cell DL (km ²)
7	12,76040826
8	14,54262009
9	17,69333875
10	20,16192356
11	24,50641348
12	27,9291582

Tabel 6 merupakan hasil nilai luas cell berdasarkan nilai spreading factor menggunakan rumus dari persamaan (6).

2.5. Menghitung Jumlah Gateway

Adapun untuk rumus perhitungan jumlah gateway adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Gateway} = \frac{\text{Luas wilayah}}{\text{Luas Cell}} \quad (7)$$

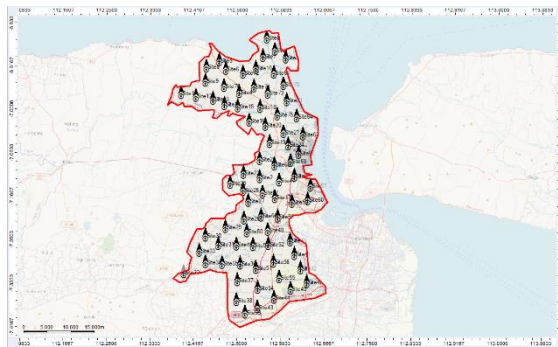
Tabel 7. Jumlah Gateway

<i>Spreading Factor</i>	Jumlah Gateway DL
7	104
8	91
9	75
10	66
11	54
12	48

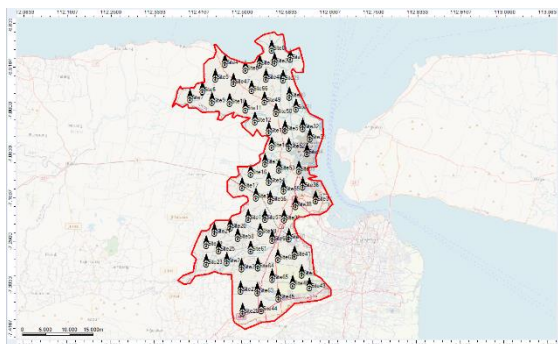
Tabel 7 merupakan hasil jumlah gateway berdasarkan nilai spreading factor menggunakan rumus dari persamaan (7).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

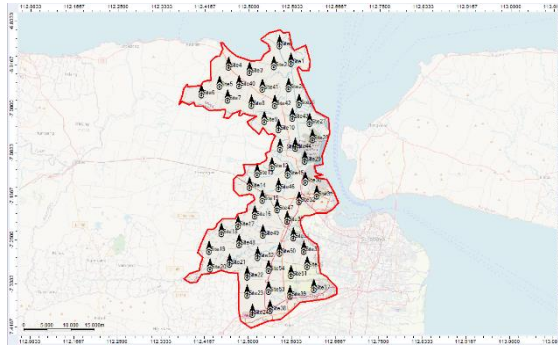
Perencanaan penelitian ini menggunakan *software* Atoll versi 3.3.4 dengan SF 7 sampai SF 12 dengan skema downlink. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah gateway yang dihasilkan di Kabupaten Gresik dengan total gateway terbanyak menggunakan SF 7 adalah 77 dan dengan total gateway paling sedikit menggunakan SF 12 adalah 35.



Gambar 2. Penempatan Gateway pada *Spreading Factor* 7



Gambar 3. Penempatan Gateway pada *Spreading Factor* 8



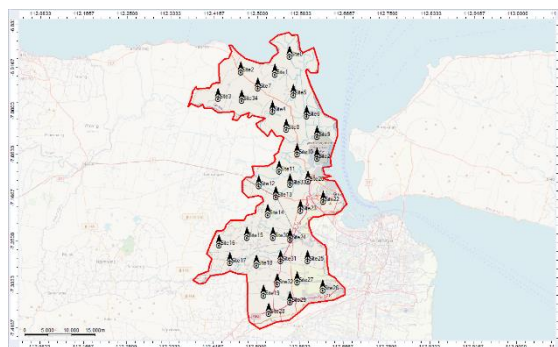
Gambar 4. Penempatan Gateway pada *Spreading Factor* 9



Gambar 5. Penempatan Gateway pada *Spreading Factor* 10



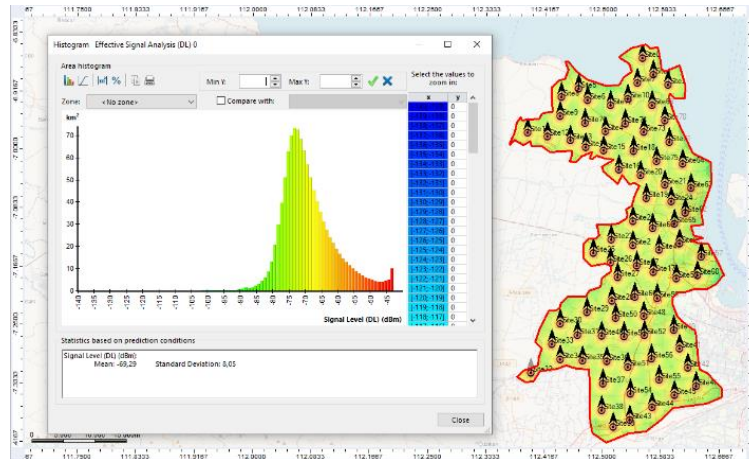
Gambar 6. Penempatan Gateway pada *Spreading Factor* 11



Gambar 7. Penempatan Gateway pada *Spreading Factor* 12

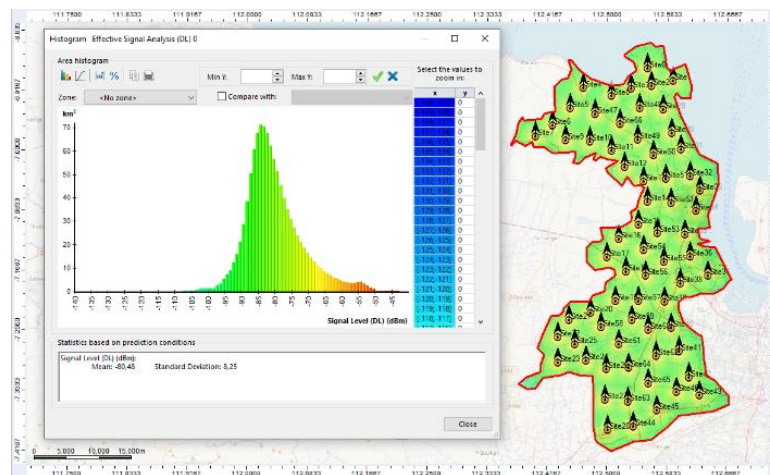
3.1. Effective Signal Analysis

Parameter ini digunakan untuk memprediksi kekuatan sinyal yang dikirim dari *Gateway* ke *End Device*. Berikut merupakan hasil kekuatan sinyal berdasarkan *spreading factor* 7 sampai *spreading factor* 12 setelah melakukan simulasi menggunakan *software* Atoll versi 3.3.4.



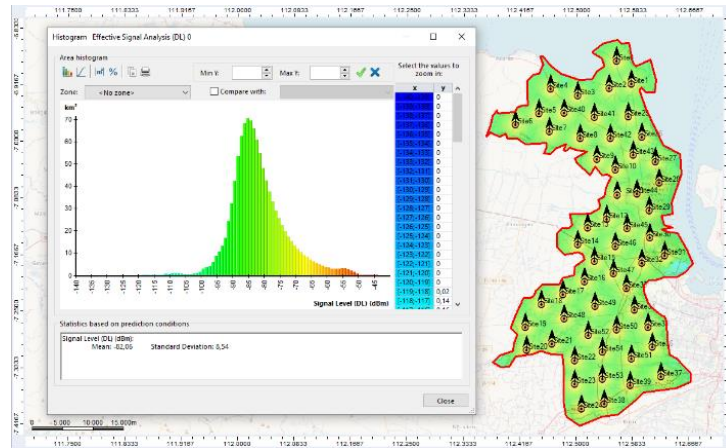
Gambar 8. Histogram *Effective Signal Analysis* Spreading Factor 7

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 77. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Effective Signal Analysis* atau kekuatan sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah -69,29 dBm dengan standar deviasi 8,05 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



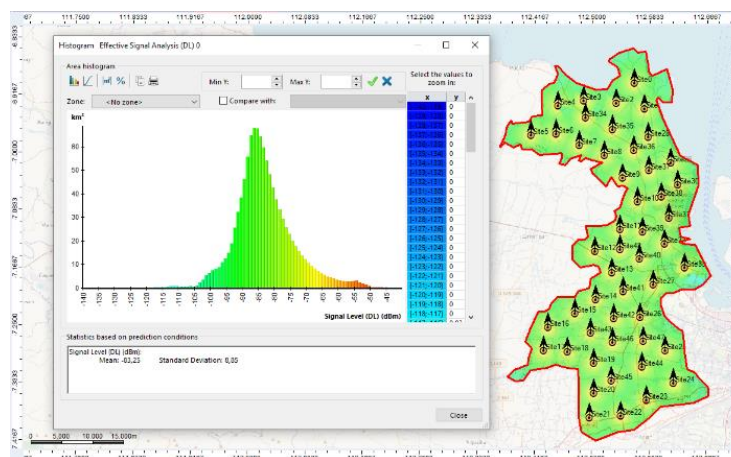
Gambar 9. Histogram *Effective Signal Analysis* Spreading Factor 8

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 67. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Effective Signal Analysis* atau kekuatan sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah -80,48 dBm dengan standar deviasi 8,25 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



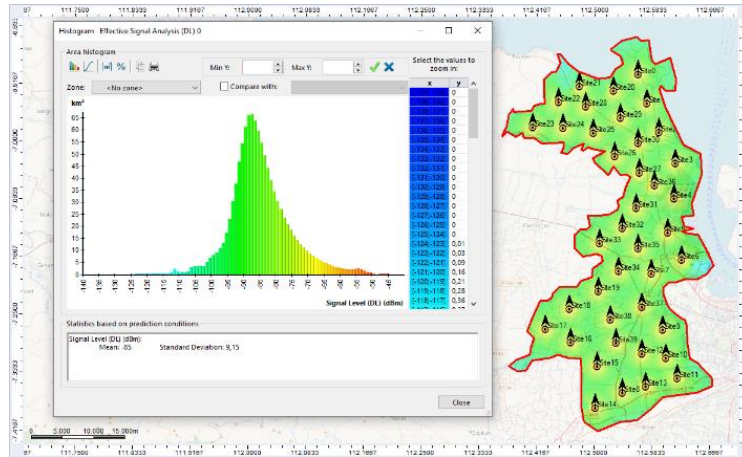
Gambar 10. Histogram *Effective Signal Analysis Spreading Factor 9*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 55. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Effective Signal Analysis* atau kekuatan sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah -82,08 dBm dengan standar deviasi 8,54 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



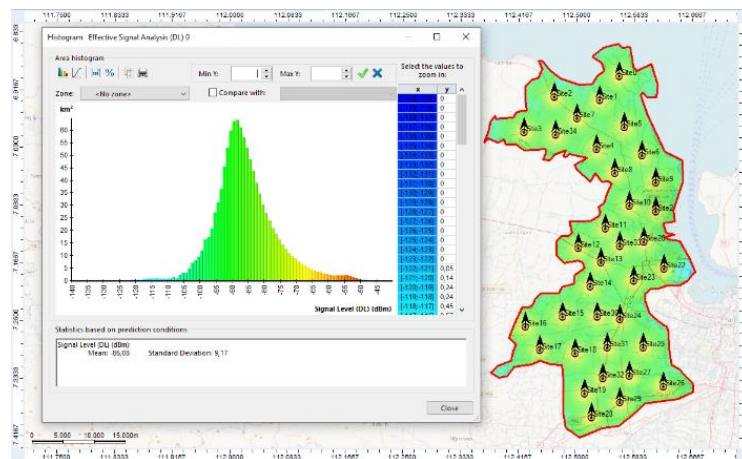
Gambar 11. Histogram *Effective Signal Analysis Spreading Factor 10*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 49. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Effective Signal Analysis* atau kekuatan sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah -83,25 dBm dengan standar deviasi 8,85 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



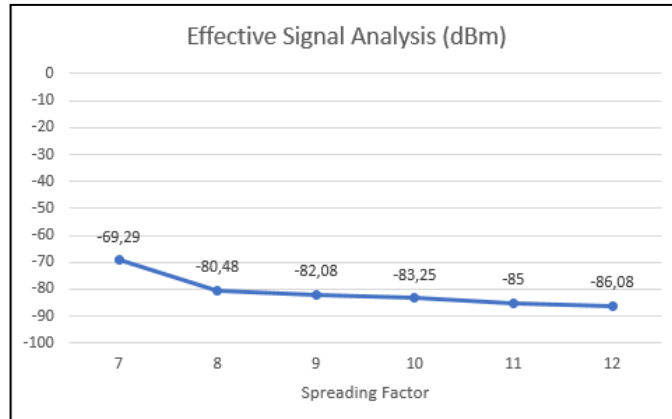
Gambar 12. Histogram *Effective Signal Analysis Spreading Factor 11*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 40. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Effective Signal Analysis* atau kekuatan sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah -85 dBm dengan standar deviasi 9,15 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



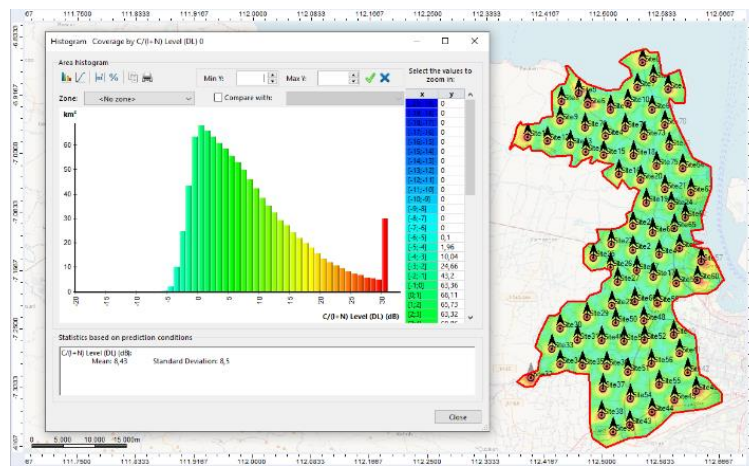
Gambar 13. Histogram *Effective Signal Analysis Spreading Factor 12*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 35. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Effective Signal Analysis* atau kekuatan sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah -86,08 dBm dengan standar deviasi 9,17 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



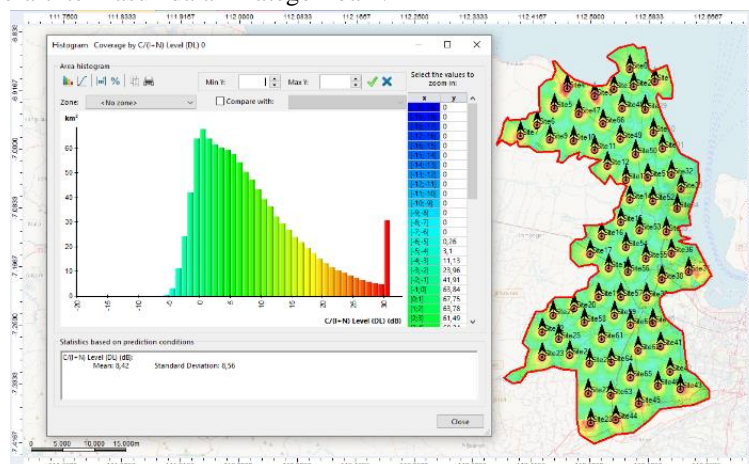
Gambar 14. Grafik *Effective Signal Analysis*

3.2. Signal Interference to Noise Ratio (SINR)



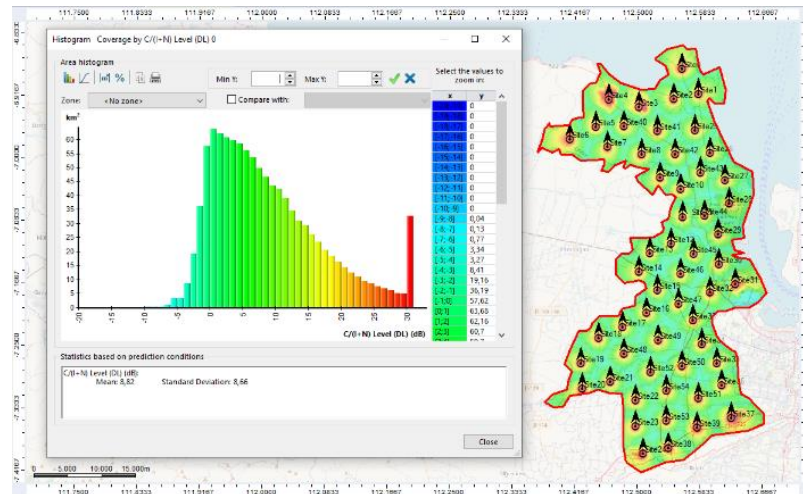
Gambar 15. Histogram *Signal Interference to Noise Ratio Spreading Factor 7*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 77. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Signal Interference to Noise Ratio* atau kualitas sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah 8,43 dBm dengan standar deviasi 8,5 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



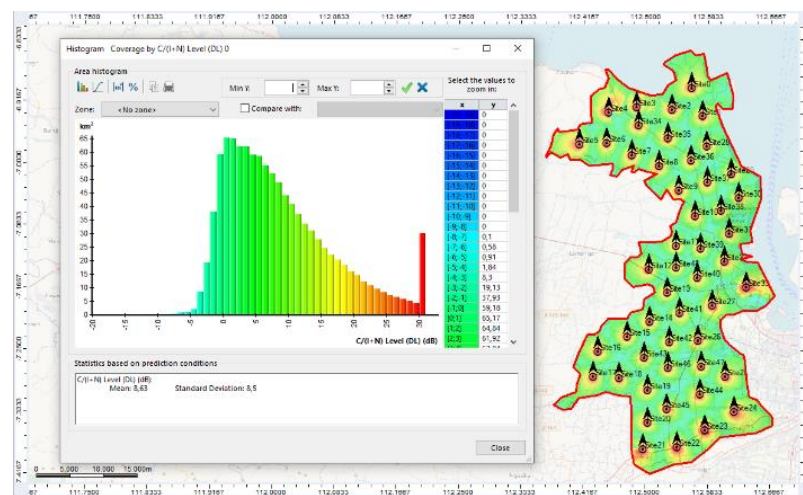
Gambar 16. Histogram *Signal Interference to Noise Ratio Spreading Factor 8*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 67. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Signal Interference to Noise Ratio* atau kualitas sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah 8,42 dBm dengan standar deviasi 8,56 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



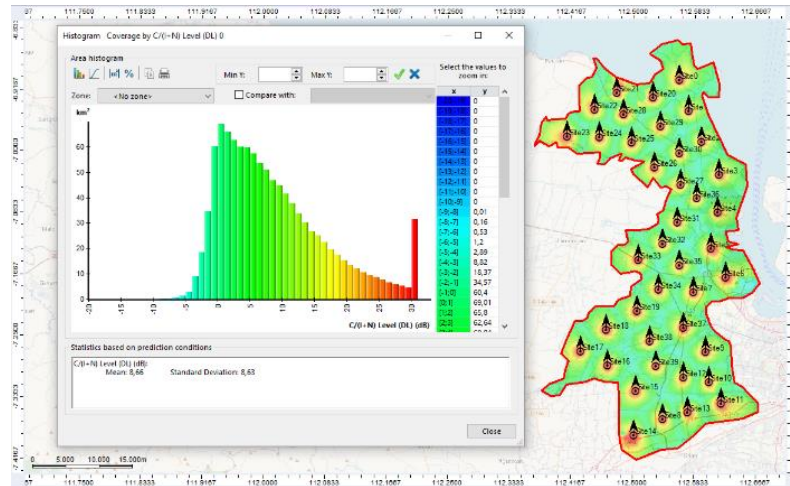
Gambar 17. Histogram *Signal Interference to Noise Ratio* Spreading Factor 9

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 55. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Signal Interference to Noise Ratio* atau kualitas sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah 8,82 dBm dengan standar deviasi 8,66 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



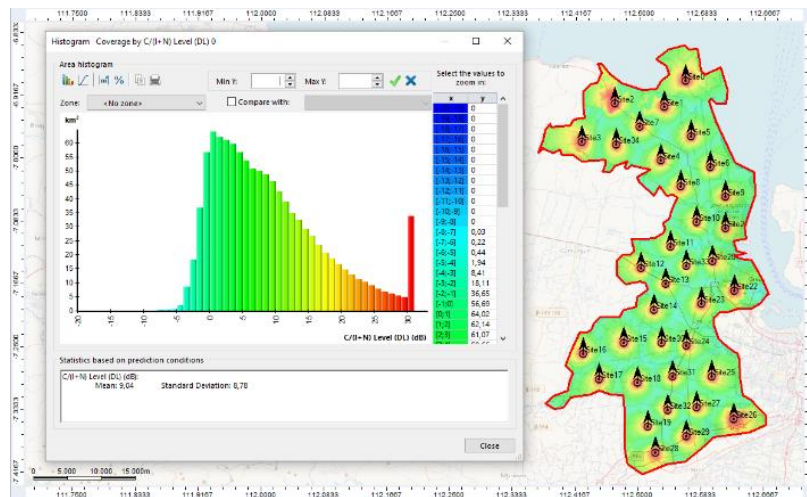
Gambar 18. Histogram *Signal Interference to Noise Ratio* Spreading Factor 10

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 49. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Signal Interference to Noise Ratio* atau kualitas sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah 8,63 dBm dengan standar deviasi 8,5 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



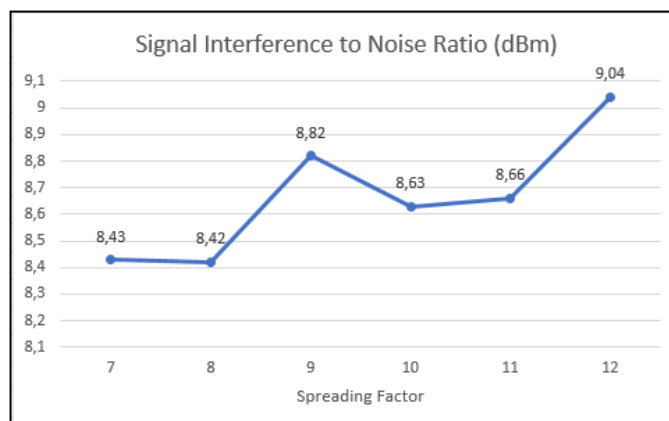
Gambar 19. Histogram *Signal Interference to Noise Ratio Spreading Factor 11*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 40. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Signal Interference to Noise Ratio* atau kualitas sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah 8,66 dBm dengan standar deviasi 8,63 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



Gambar 20. Histogram *Signal Interference to Noise Ratio Spreading Factor 12*

Hasil simulasi menunjukkan untuk mencakup wilayah penelitian dengan luas sebesar 1.191,25 km² membutuhkan jumlah *gateway* sebesar 35. Pada histogram yang dihasilkan, nilai pada sumbu x untuk menunjukkan *Signal Interference to Noise Ratio* atau kualitas sinyal dihasilkan dan pada sumbu y untuk menunjukkan jarak dalam kilometer persegi. kekuatan sinyal yang dihasilkan adalah 9,04 dBm dengan standar deviasi 8,78 dBm, yang berarti termasuk dalam kategori baik.



Gambar 21. Grafik *Signal Interference to Noise Ratio*

Gambar 21 merupakan grafik dari parameter *Signal Interference to Noise Ratio* pada *spreading factor* 7 sampai 12. Kualitas sinyal paling tinggi yang dihasilkan yaitu pada *spreading factor* 12 sedangkan Kualitas sinyal paling rendah yaitu pada *spreading factor* 8.

Tabel 8 Perbandingan Parameter skema *downlink*

<i>SF</i>	Sensitivitas	MAPL (dBm)	<i>Cell Radius</i> (km)	Luas <i>Cell</i> (km)	Jumlah <i>Gateway</i>	Kekuatan Sinyal (dBm)	Kualitas Sinyal (dBm)
7	-125	151,00	5,97558	15,52500338	77	-69,29	8,43
8	-127	153,00	6,8102	17,69333875	67	-80,48	8,42
9	-130	156,00	8,2856	21,52667361	55	-82,08	8,82
10	-132	158,00	9,4429	24,53324609	49	-83,25	8,63
11	-135	161,00	11,4887	29,8484751	40	-85	8,66
12	-137	163,00	13,0933	34,01733116	35	-86,08	9,04

Tabel 8 merupakan hasil dari perhitungan dan simulasi parameter skema *downlink* menggunakan *spreading factor* 7 sampai 12. Tujuan dari perhitungan Link Budget untuk mencari total *gateway* yang dibutuhkan pada perencanaan jaringan LoRaWAN. Semakin besar nilai *spreading factor* yang digunakan maka semakin sedikit jumlah *gateway* yang dibutuhkan akan tetapi luas cell nya semakin jauh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi perencanaan jaringan LoRaWAN pada frekuensi 920-923 MHz untuk impementasi Smart meter di Kabupaten Gresik menyimpulkan bahwa Perencanaan jaringan LoRaWAN perlu menggunakan 77 *gateway* untuk skema *downlink* menggunakan *spread factor* 7. Dengan rata-rata -69,29 dBm untuk parameter *effective signal analysis* dan rata-rata 8.43 dBm untuk parameter *signal interference to noise ratio*, hal ini menunjukkan hasil simulasi dapat dikategorikan baik. Untuk skema *downlink* menggunakan *spreading factor* 12 perlu menggunakan 35 *gateway*. Dengan rata-rata -86,08 dBm untuk parameter *effective signal analysis* dan rata-rata 9,04 dBm untuk parameter *signal interference to noise ratio*, hal ini menunjukkan hasil simulasi dapat dikategorikan baik.

Perbedaan jika menggunakan variasi *spreading factor* yaitu semakin besar *spreading factor* yang digunakan maka kekuatan sinyalnya akan menurun sedangkan kualitas sinyalnya akan bertambah, *gateway* yang digunakan pun akan semakin sedikit dan luas cell nya semakin jauh akan tetapi akan menambah waktu pengiriman datanya dan juga akan menghemat biaya karena jumlah *gateway* yang dibutuhkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan menggunakan *spreading factor* yang lebih kecil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. B. Muljono, I. M. A. Nrartha, I. M. Ginarsa, And I. M. B. Suksmadana, “Rancang Bangun Smart Energy Meter Berbasis Uno Dan Raspberry Pi,” *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 14, No. 1, Pp. 9–18, Apr. 2018, Doi: 10.17529/Jre.V14i1.8718.
- [2] M. C. Pujiyanto, Istiyo Winarno, And D. Rahmatullah, “Smart Meter Dan Pengontrol Penggunaan Energi Listrik Berdasarkan Smart Relay Dengan Komunikasi Ethernet Dan Wireless,” *Media Elektrika*, Vol. 14, No. 2, Pp. 87–94, Dec. 2021.
- [3] A. Putu, S. Purna, R. Mustaricihie, And L. A. Wardoyo, “Review Artikel : Pengaplikasian Internet Of Things (Iot) Dalam Manufaktur Industri Farmasi Di Era Industri 4.0,” *Farmaka*, Vol. 20, No. 1, Pp. 105–112, 2022.
- [4] P. Kaur And S. Singh, “Internet Of Things (Iot) In Agriculture: A Review On Technology Advancements,” *Internet Of Things*, Vol. 6, Pp. 1–13, 2017.
- [5] Semtech, “What Is Lora?,” <https://www.semtech.com/>. <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora> (Accessed Jul. 26, 2022).
- [6] A. Hikmaturokhman, H. Nafi’ah, S. Larasati, And P. Rahmawati, “Lorawan Planning And Implementation Analysis For Smart Factories In Industrial Estates,” *Ieee Int. Conf. Commun. Networks Satell.*, Pp. 116–122, 2021.
- [7] Dinas Komunikasi Dan Informatika, “Demografi Penduduk Kabupaten Gresik,” *Dinas Komunikasi Dan Informatika*, 2022. <https://gresikkab.go.id/info/demografi> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [8] M. I. Nashiruddin And S. Winalisa, “Designing Lorawan Internet Of Things Network For Smart Manufacture In Batam Island,” In *2020 8th International Conference On Information And Communication Technology, Icoict 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Jun. 2020. Doi: 10.1109/Icoict49345.2020.9166426.
- [9] Dinas Komunikasi Dan Informatika, “Lokasi Kabupaten Gresik,” *Dinas Komunikasi Dan Informatika*, 2022. <https://gresikkab.go.id/info/geografi> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [10] Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik, “Jumlah Penduduk Kabupaten Gresik ,” *Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik* , 2022. <https://gresikkab.bps.go.id/pressrelease/2021/01/27/88/jumlah-penduduk-kabupaten-gresik-hasil-sensus-penduduk-2020--sp-2020--sebesar-1-311-215-orang-.html> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [11] P. Rahmawati, A. Hikmaturokhman, K. Ni’amah, And M. I. Nashiruddin, “Lorawan Network Planning At Frequency 920-923 Mhz For Electric Smart Meter: Study Case In Indonesia Industrial Estate,” *Journal Of Communications*, Vol. 17, No. 3, Pp. 222–229, Mar. 2022, Doi: 10.12720/Jcm.17.3.222-229.
- [12] D. Sallyna, U. Kurniawan Usman, And M. A. Murti, “Perencanaan Jaringan Long Range (Lora) Pada Frekuensi 920 Mhz-923 Mhz Di Kota Bandung Long Range (Lora) Network Planning With Frequency 920 Mhz-923 Mhz In Bandung City,” *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 7, No. 1, Pp. 933–940, 2020.
- [13] I. Rezkika, S. Novalianda, And A. Ramadhan, “Analisis Kebutuhan Parameter Jaringan Lte Dengan Sistem Refarming Frekuensi Pada Daerah Urban Metropolitan Centre,” *Semnastek Usisu*, Vol. 4, No. 2, Pp. 31–36, 2019.
- [14] B. Alfaresi, M. Vierly, E. Satya, And D. F. Ardianto, “Analisa Model Propagasi Okumura-Hata Dan Cost-Hata Pada Komunikasi Jaringan Wireless 4g Lte,” *Jurnal Ampere*, Vol. 5, No. 1, 2020, Accessed: Dec. 14, 2022. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/319237-analisa-model-propagasi-okumura-hata-dan-d8dc5d0a.pdf>
- [15] A. S. Ayuningtyas, I. Uke, K. Usman, And I. Alinursafa, “Analisis Perencanaan Jaringan Lora (Long Range) Di Kota Surabaya Lora (Long Range) Network Planning Analysis In Surabaya City,” *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 7, No. 2, Pp. 3350–3358, 2020.

Analisis Perbandingan Waktu Pengereman Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pengereman *Zero Sequence Braking* Dan *Plugging*

Comparative Analysis of Braking Time of 3 Phase Induction Motor with Zero Sequence Braking and Plugging

Andika Dwi Pradana^{1*}, Winarso²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Makalah

Diajukan : 19 Januari 2023
Diterima : 24 Mei 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Pengereman, Motor induksi,
Zero Sequence Braking,
Plugging

Keyword:

Braking, induction motor
Zero Sequence Braking
Plugging

INTISARI

Motor induksi tiga fasa adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan beban industri seperti lift dan konveyor, untuk menghentikan motor tersebut maka diperlukan pengereman. Pengereman motor induksi 3 fasa merupakan hal terpenting karena motor induksi tidak dapat langsung berhenti walaupun suplai daya sudah diputuskan, hal ini terjadi karena ada energi putar yang tersimpan pada poros. Pengereman dapat dilakukan dengan metode mekanis maupun elektrik. Pengereman elektrik diklasifikasikan menjadi pengereman dinamis, pengereman *regenerative* dan pengereman *plugging*. Pengujian pengereman ini dirancang untuk mendapatkan perbandingan waktu henti motor induksi tanpa pengereman, pengereman dinamis dan pengereman *plugging*. Dari hasil pengujian motor induksi pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa pengereman adalah 3,15 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,70 detik menggunakan tegangan injek 31,2 Volt dan metode *plugging* 0,59 detik.

ABSTRACT

Three phase induction motor is a motor that is used to drive industrial loads such as lifts and conveyors, braking is required to stop the motor. The braking of a 3 phase induction motor is the most important thing because an induction motor cannot stop immediately even though the power supply has been cut off, this happens because there is rotational energy stored in the shaft. Braking can be done by mechanical or electrical methods. Electric braking is classified into dynamic braking, regenerative braking and plugging braking. This braking test is designed to compare the stopping time of an induction motor without braking, dynamic braking and plugging braking. From the test results of an induction motor at a speed of 1500 rpm, the stopping time of the motor without braking is 3.15 seconds, with dynamic braking using the zero sequence braking method 0.70 seconds using an injection voltage of 31.2 Volts and the plugging method is 0.59 seconds.

Korespondensi Penulis:

Andika Dwi Pradana
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
JL. Raya Dukuhwaluh, Purwokerto, 53182
Email: andikadwipradana1998@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan sebuah motor induksi bolak - balik (AC) yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator menuju kumparan rotornya, dimana arus pada kumparan rotor merupakan arus yang terinduksi akibat perbedaan *relative* antara putaran yang ditimbulkan dari putaran motor dengan medan putar [1],[2]

Motor induksi 3 fasa digunakan sebagai motor penggerak beban industri seperti lift dan konveyor, untuk menghentikan motor tersebut dibutuhkanlah pengereman. Pengereman merupakan hal terpenting karena motor tidak dapat langsung berhenti walaupun suplai daya telah diputuskan hal ini terjadi karena energi putar yang tersimpan pada poros. Pengereman dapat dilakukan dengan metode mekanis dan elektrik. Pengereman elektrik diklasifikasikan menjadi pengereman dinamis, *plugging* dan *regenerative* [3]. Pengereman mekanis sendiri memiliki banyak kekurangan seperti dapat menimbulkan pemborosan energi kinetik pada rotor dan juga menimbulkan panas yang berlebihan. Oleh karena itu pengereman secara elektris banyak dipilih karena memiliki keunggulan dalam keefisiensannya maupun tidak mudah merusak motor induksi yang digunakan [4],[5]

Pengereman dinamis diaplikasikan pada motor induksi dengan cara menginjeksikan tegangan atau arus searah (DC) terhadap kumparan motor induksi yang bersumber dari penggerak frekuensi variable (VFD) yang dihubungkan dengan terminal DC [6],[7]

Pengereman dinamis terjadi karena tegangan stator yang diubah mejadi tegangan DC oleh tegangan AC dalam waktu yang sangat singkat dimana torsi yang dihasilkan dalam pengereman tergantung kepada jumlah arus DC yang disuplai ke belitan stator. Arus searah yang disuplai ke kumparan stator menciptakan medan yang stabil untuk mengurangi tegangan rotor. Kumparan rotor dihubung pendek arus yang mengalir menyebabkan medan magnet, dimana medan magnet berputar dengan rotor dengan kecepatan yang sama tetapi dengan arah yang berlawanan sehingga timbul torsi untuk pengereman [8].

Plugging braking merupakan metode pengereman yang dilakukan dengan membalik arah putaran motor induksi dengan cara membalik salah satu sudut polaritas fasa sehingga motor dapat menghasilkan torsi untuk membentuk daya deselerasi atau perlambatan. Waktu pembalikan salah satu sudut Fasa dilakukan dengan cepat sebab jika terlalu lama motor dapat berbalik arah putaranya [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Sutarno yaitu pengujian pengereman dinamis waktu bertahap injeksi arus dc dengan hasil bahwa pengereman dapat dilakukan dengan cepat pada injeksi arus yang cukup besar pada belitan statornya. [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Mudi Yuhendi dan Aswardi, yaitu pengujian pengereman dinamis motor induksi tiga fasa dengan PLC, dengan hasil bahwa secara umum semakin besar beban motor maka waktu pengereman akan lebih pendek, meskipun konfigurasi sambungan lilitannya bermacam-macam.[11] Penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Hami Pradipta mengenai pengereman motor induksi tiga fasa dengan metode injeksi arus dc adalah mendapatkan waktu pengereman yang paling cepat yaitu 2,58 detik, sedangkan metoda pengereman capacitor self excitation dengan menggunakan kapasitor 25uF memiliki waktu pengereman yang paling lama yaitu 7,94 detik.[12].

Penelitian yang dilakukan oleh Subuh Isnur Haryudo, yaitu pengereman Dinamik dengan metode *Zero Speed Switch*, hasil percobaan penelitian ini adalah menginjeksikan arus dc 1 amper pada beban generator 100 watt motor dapat berhenti 4.9 detik, dan penginjeksian arus dc 2.amper pada beban generator 100 watt motor dapat berhenti dalam waktu 4.4 detik. [13]. Ri Munarto dan Bobby Rinaldi melakukan Penelitian Pengereman dinamik injeksi arus searah pada motor induksi 3 fasa menggunakan tegangan 110 V DC dan 220 V DC diperoleh hasil pengereman dengan injeksi tegangan 110 V DC memiliki waktu pengereman lebih cepat yaitu 0,61 detik kondisi tanpa beban, dan 0,46 detik kondisi dengan beban 4,29 N.m, [14].

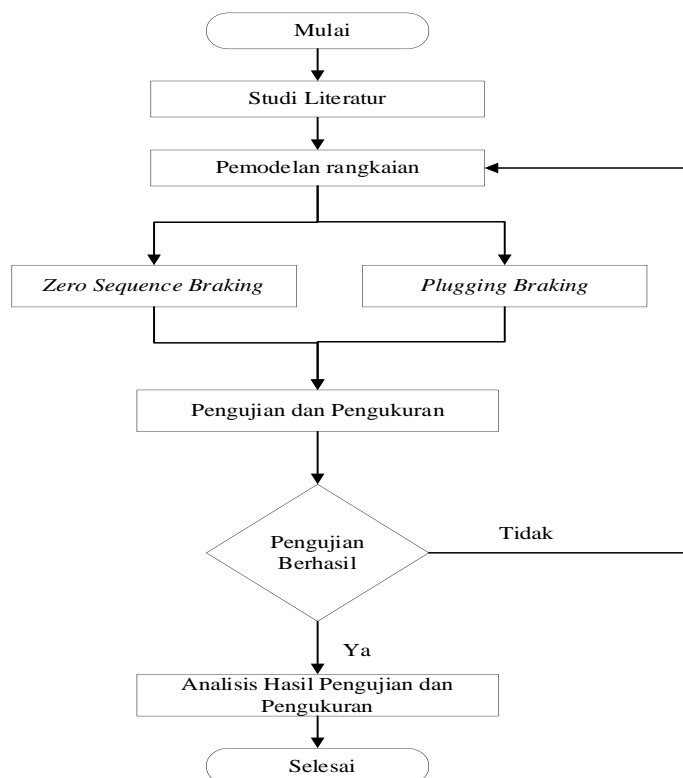
Penelitian yang dilakukan oleh Achmad Imam Agung dan Widi Aribowo ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan mikrokontroler terhadap kinerja pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa. Hasil yang didapatkan adalah bahwa metode pengereman dinamik dengan menggunakan mikrokontroler memiliki pengaruh terhadap kecepatan perlambatan motor induksi tiga fasalebih baik daripada tanpa menggunakan mikrokontroler sehingga motor dapat berhenti lebih cepat dan lebih efektif.Hal ini dapat dilihat pada beberapa jurnal, dimana selisih waktu yang dihasilkan jika dibandingkan antara pengereman dinamik menggunakan mikrokontroler dan tanpa mikrokontroler dimana penggunaan mikrokontroler menghasilkan nilai waktu pengereman lebih cepat daripada tanpa mikrokontroler.[15].

Dalam penelitian ini menggunakan 2 metode pengujian yaitu pengereman dinamis *metode zero sequence braking* dan pengereman *plugging*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbandingan waktu henti pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa pengereman.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alur (Flowchart) Penelitian

Diagram alur atau flowchart sistem nantinya akan menggambarkan lebih detail tentang pembuatan penelitian ini. Diagram alir proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram *Flowchat* Penelitian

Dalam melakukan pembuatan penelitian ini perlu adanya rancangan jadwal pelaksanaan kegiatan, agar mampu memaksimalkan waktu supaya lebih efisien dan efektif. Meliputi kegiatan yang tertulis dibawah ini :

1. Studi Literatur

Tahapan ini langkah pertama dilakukan didalam sebuah penelitian, mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan sistem yang dibuat. Mempelajari literatur dapat bersumber dari buku, jurnal, penelitian terdahulu dan artikel-artikel di internet.

2. Pemodelan Rangkaian

Pemodelan rangkaian merupakan langkah yang bertujuan untuk memodelkan pengujian yang dilakukan, dimana dalam pengujian menggunakan dua pemodelan rangkaian yaitu rangkain pengereman dinamis metode *zero sequence braking* dan rangkain pengereman *plugging*.

3. Pengujian dan Pengukuran

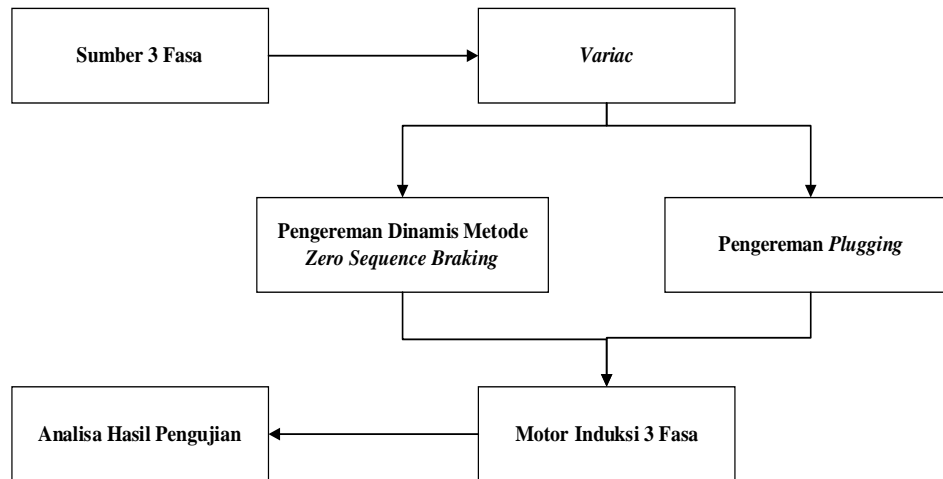
Pengujian dilakukan untuk mengetahui waktu berhenti motor induksi tiga fasa dimana pengujian dilakukan menggunakan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa menggunakan pengereman. Pengujian dilakukan menggunakan dua kondisi yaitu kondisi tanpa beban dan kondisi menggunakan beban berupa *flywheel* dengan berat 2,4 kg, 2,9 kg, 3,8 kg dan 4,4 kg. Pengujian dilakukan menggunakan variasi kecepatan motor induksi 3 fasa 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm.

4. Analisis Hasil Pengujian dan Pengukuran

Analisis hasil pengujian dan pengukuran dilakukan untuk membandingkan waktu berhenti motor induksi tiga fasa dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa menggunakan pengereman baik pada kondisi tanpa menggunakan beban maupun kondisi berbeban *flywheel*.

2.2. Diagram Blok Penelitian

Diagram blok penelitian ini dibuat dengan objek penelitian motor induksi 3 fasa dengan daya 2,2 KW / 3 HP dengan tegangan kerja 220/380 Volt. *Variac* digunakan sebagai pengaturan kecepatan motor induksi dimana dalam pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm. Kemudian pengereman dilakukan dengan metode pengereman dinamis metode *zero sequence braking* dan pengereman *plugging*. Dari pengujian didapat waktu henti yang kemudian di analisa perbandingannya.



Gambar 2. Diagram Blok Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan waktu henti motor induksi 3 fasa dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa menggunakan pengereman. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan yaitu:

1. Pengujian tanpa menggunakan beban
2. Pengujian menggunakan *flywheel* 1 dengan berat 2,4 kg
3. Pengujian menggunakan *flywheel* 2 dengan berat 2,9 kg
4. Pengujian menggunakan *flywheel* 3 dengan berat 3,8 kg
5. Pengujian menggunakan *flywheel* 4 dengan berat 4,7 kg

Dalam melakukan penelitian ini motor induksi 3 fasa yang digunakan memiliki spesifikasi seperti Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

Type	Y100L1-4
Output	2.2 KW / 3 HP
Conn	Δ / Y
Tegangan	220 / 380 V
Arus	8.7 / 5.0 A
Putaran	1430 RPM
Frekuensi	50 Hz

3.1 Pengujian Tanpa Menggunakan Beban

Pengujian pertama yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi tanpa menggunakan beban. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 3,15 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,70 detik dan metode *plugging* 0,59 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Pengujian Pengereman Tanpa Menggunakan Beban

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	2,22	2,89	3,15
2	Zero Sequence Braking	0,62	0,64	0,70
3	Plugging	1,99	1,03	0,59

3.2 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 1 seberat 2,4 Kg

Pengujian kedua yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 1 dengan berat 2,4 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 5,13 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,86 detik dan metode *plugging* 0,65 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 3., berikut.

Tabel 3 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 2,4 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	4,47	4,85	5,13
2	Zero Sequence Braking	0,72	0,76	0,86
3	Plugging	1,56	2,56	0,65

3.3 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 2 seberat 2,9 Kg

Pengujian ketiga yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 2 dengan berat 2,9 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 6,22 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,99 detik dan metode *plugging* 0,69 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 2,9 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	5,77	5,69	6,22
2	Zero Sequence Braking	0,85	0,91	0,99
3	Plugging	2,49	2,43	0,69

3.4 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 3 seberat 3,8 Kg

Pengujian keempat yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 3 dengan berat 3,8 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 6,67 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 1,05 detik dan metode *plugging* 0,71 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 3,8 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	5,97	6,45	6,67
2	Zero Sequence Braking	0,92	1,01	1,05
3	Plugging	2,40	2,27	0,71

3.5 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 4 seberat 4,7 Kg

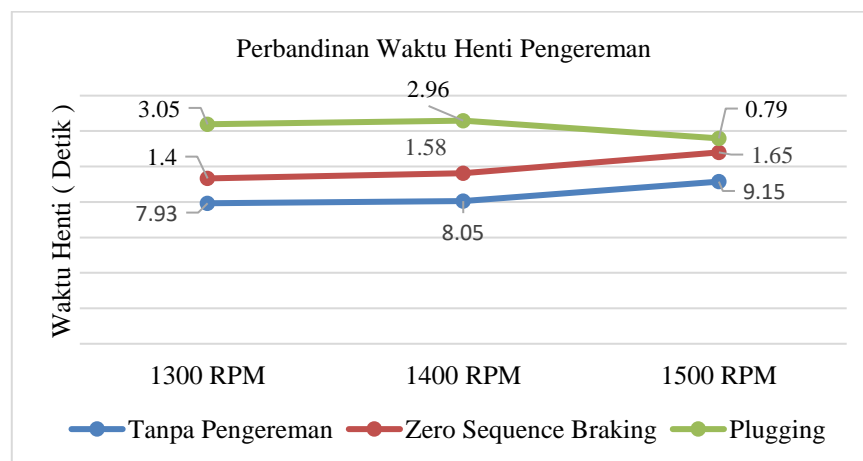
Pengujian kelima yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunkan beban *flywheel* 4 dengan berat 4,7 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 9,15 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 1,65 detik dan metode *plugging* 0,79 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.:

Tabel 6 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 4,7 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	7,93	8,05	9,15
2	Zero Sequence Braking	1,40	1,58	1,65
3	Plugging	3,05	2,96	0,79

3.6 Data Perbandingan Pengujian Pengereman

Berikut adalah perbandinga waktu henti pengujian pengereman menggunakan beban *flywheel* 4,7 kg tanpa metode pengereman, pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, dan pengereman *plugging*. Data pengujian tersaji pada Gambar 3.

Gambar 3. Perbandingan Waktu Henti Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 4,7 Kg

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisa maka hasil yang didapat sebagai berikut :

- a. Pada pengereman dinamis metode *zero sequence braking* yang memiliki prinsip kerja dimana pengereman terjadi dengan memberikan tegangan injek DC pada belitan stator yang dapat menimbulkan daya perlambatan pada motor induksi 3 fasa. Waktu henti pada putaran 1500 rpm pengereman dinamis metode *zero sequence braking* adalah 0,70 detik dalam keadaan tanpa menggunkan beban dengan tegangan injek 31,2 VDC dan arus 5 Ampere.
- b. Pada pengereman *plugging* yang memiliki prinsip kerja membalikan arah putaran motor induksi dengan cara membalik salah satu sudut polaritas fasa yang dapat menimbulkan torsi penyeimbang yang menimbulkan daya perlambatan menghasilkan waktu henti tercepat dibandingkan tanpa metode pengereman dan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, dimana waktu henti tercepat pengereman *plugging* adalah 0,59 detik pada kecepatan putaran 1500 rpm dalam keadaan tanpa menggunakan beban dengan tegangan input motor 157,7 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Berlianti, A. Multi, and B. A. P, "Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi," *Sainstech J. Penelit. dan Pengkaj. Sains dan Teknol.*, vol. 26, no. 2, pp. 110–119, 2020, doi: 10.37277/stch.v26i2.508.
- [2] Isna Joko Prakoso, Agung Warsito, "Perancangan Pengasutan Bintang – Segitiga dan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)" *Transmisi Vol.14, No.1, 2012*
- [3] M. H. Pradipta, T. Sukmadi, and M. Facta, "Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa," *J. TRANSIENT*, vol. VOL.3, no. NO. 4, p. 657, 2014.
- [4] Aditya Bakti Priahutama, Tedjo Sukmadi, "Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan Atmega 8535", *Transmisi, Vol 2, No.1, 2010*
- [5] Syaucie Candra Buana, Tejo Sukmadi, "Pengereman Dinamik Bertingkat Untuk Motor Induksi Tiga Fasa," *Transient*, Vol 5, No.3 2016
- [6] M. Rata and G. Rata, "Study solution of induction motor dynamic braking," *2016 13th Int. Conf. Dev. Appl. Syst. DAS 2016 - Conf. Proc.*, pp. 33–37, 2016, doi: 10.1109/DAAS.2016.7492544.
- [7] Muhammad Ali Faisal Fadhila, Cornelius Sarri, "Rancang Bangun Pengereman Motor *Direct Current* Pada Mobil Listrik," *Sinergi Vol 19, No.1, 2021*
- [8] M. A. B. P. Agung Warsito, Mochammad Facta, "Motor Induksi Fasa Tiga ," pp. 1–6.
- [9] Guntur Andy, "Rancang Bangun Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Pengaturan Arus DC Dan Output Rotor," 2016.
- [10] Sutarno, "Pengereman Dinamik Motor Induksi Dengan Injeksi Arus Searah (DC)" *Jurnal Teknik Elektro, Vol 2, No.1, 2019*
- [11] Mudi Yuhendi dan Aswardi, "Pengereman Dinamik Motor Induksi tiga Fasa Dengan PLC", *Jurnal TeknikA, Vol 1, No.32, 2019*
- [12] Muhamad Hami Pradipta, "Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa ", *Trasient, Vol.3 No.4, 2014.*
- [13] Subuh Isnur Haryudo, "Pengereman Dinamik Dengan Zero Speed Switch Sebagai Pengendali Motor Induksi Tiga Fasa ", *Jurnal Teknik Elektro, Vol 09. Nomor 03, 2020*
- [14] Ri Munarto, Bobby Rinaldi, "Analisis Pengereman dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan metode Injeksi Arus Searah dan Kapasitor Eksitasi Sendiri Fuzzy C-Means Clustering," *Setrum, Vol.7 No.1, 2018*
- [15] Achmad Imam Agung dan Widi Aribowo, "Studi Literatur Analisis Penerapan Mikrokontroler Pada Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa," *Jurnal Teknik Elektro. Volume 10 Nomor 01, 2021*

Sistem Kontrol Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Fuzzy Logic

Fuzzy Logic Based Shrimp Pond Water Quality Control System

Muhammad Faizal Akbar¹, Denny Irawan²

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatra No.101, Randuagung, Gresik, 61121

Informasi Makalah

Diajukan : 13 Mei 2023
Diterima : 1 Juni 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Tambak Udang
Esp 32
Fuzzy Logic
IoT

Keyword:

Shrimps ponds
Esp 32
Fuzzy Logic
Iot

INTISARI

Pada saat penelitian ini dibuat perkembangan teknologi sudah mengalami kemajuan yang begitu pesat. Dari hasil perkembangan teknologi salah satunya penerapan IoT (*Internet of things*). Oleh karena itu memanfaatkan informasi ini untuk membantu pekerjaan mereka untuk pengaplikasian alat pengontrol kualitas air tambak menggunakan metode *fuzzy logic* dan untuk membandingkan biaya produksi dengan metode tradisional. Informasi ini juga masih belum banyak petani tambak tahu pengaplikasian rancangan bangun untuk memudahkan mengontrol kualitas air tambak. Penelitian ini membahas bagaimana cara membuat alat yang memudahkan para petani tambak untuk mengontrol kualitas air tambak udang secara otomatis. Pada penelitian ini merancang sebuah alat pengontrol kualitas air tambak pada tambak udang berbasis IoT dengan metode *fuzzy logic*, sistem ini menggunakan mikrokontroler Esp32 sebagai sistem pengendali rangkaian input dan output dan IoT sebagai pemantau jalannya operasi, dan *fuzzy logic* sebagai penerapan penalaran masalah kompleks yang tidak jelas, yang dapat dikontrol oleh operator manusia secara efisien, kemudian alat ini akan dirancang 3 sensor yang dimana sensor ini akan mengendalikan pompa untuk mengisi cairan pH asam atau basa dan menambahkan air bersih.

ABSTRACT

At the time this research was made, technological developments had progressed so rapidly. From the results of technological developments, one of them was the application of IoT (Internet of things). Therefore, they use this information to assist their work for the application of pond water quality control devices using fuzzy logic methods and to compare production costs with traditional methods. This information also not many pond farmers know about the application of the design to make it easier to control the quality of pond water. This research discusses how to make a tool that makes it easy for pond farmers to automatically control the quality of shrimp pond water. In this study designed a pond water quality control device for IOT-based shrimp ponds with the fuzzy logic method. This system uses the Esp 32 microcontroller as a control system for input and output circuits and IOT as monitoring of operations, and fuzzy logic as the application of complex problem reasoning that does not clearly, which can be controlled by human operators efficiently, then this tool will be designed with 3 sensors where these sensors will control the pump to fill the acidic or alkaline pH liquid and add clean water.

Korespondensi Penulis:

Muhammad Faizal Akbar, Denny
Irawan Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Randuagung, Gresik, 61121
Email: faizalakbar229@gmail.com , den2mas@umg.ac.id

1. PENDAHULUAN

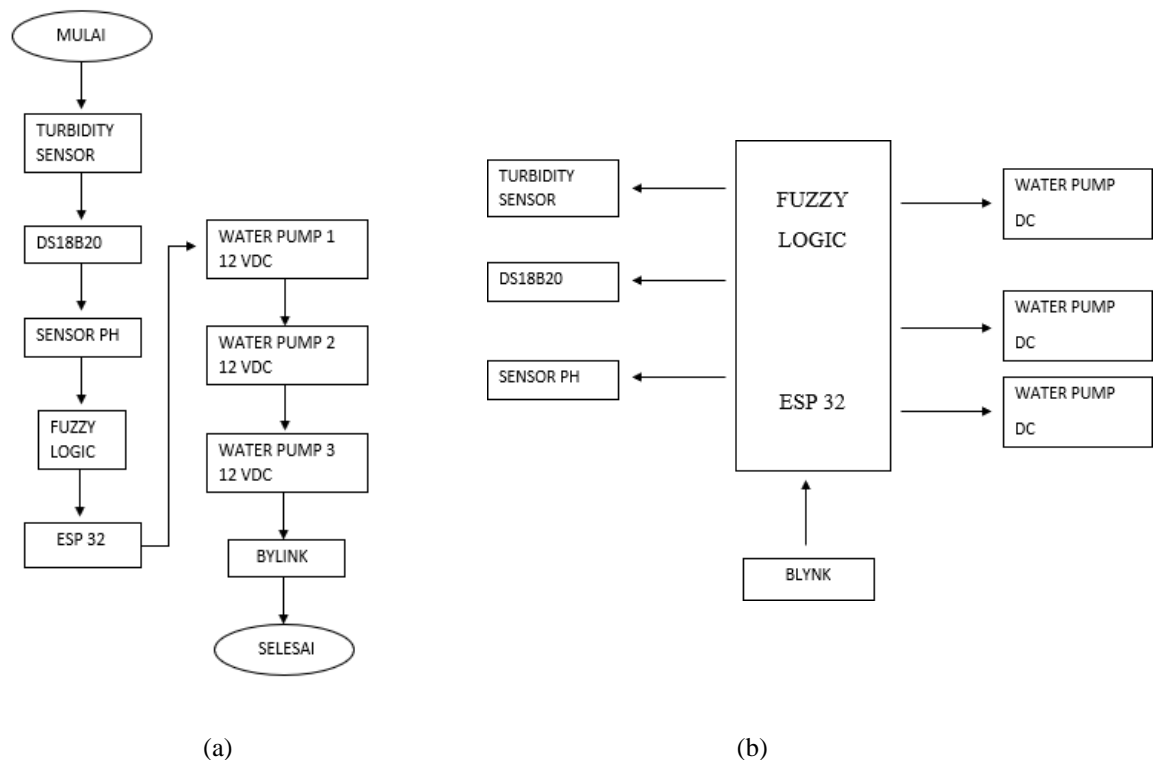
Usaha budidaya udang merupakan salah satu bisnis yang sangat menjanjikan di bidang pembudidayaan udang dari tahun ke tahun perkembangan dari bisnis ini meningkat pesat[1]. BPS juga mencatat konsumsi udang yang diawetkan lebih besar dari pada produk segar. Pada 2021, rata-rata konsumsi ikan dan udang yang diawetkan sebesar 0,418 kg per kapita per minggu[2]. Kemajuan teknologi diharapkan dapat meningkatkan hasil produksi yang berguna untuk meningkatkan produktifitas[3].

Fakta di atas adalah alasan mengapa jumlah pembudidaya dan pemeliharaan udang terus meningkat dari tahun ke tahun dikarenakan budidaya udang menjadi pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang sangat potensial[4]. Keuntungan merupakan target yang lumrah dipakai sebagai alasan utama para pebisnis dalam mengembangkan bisnisnya[5]. Dalam pembudidayaan udang, kualitas air adalah faktor yang harus diperhatikan agar hasil produksi bisa maksimal[6]. Hal tersebut harus dipikirkan matang-matang agar dalam proses pengelolaan bisnis tidak terjadi kesalahan. Kesalahan besar seperti membengkaknya biaya produksi yang tidak sebanding dengan hasil yang didapat merupakan hal yang mutlak harus dihindari oleh seorang pebisnis[7].

Berdasarkan hal tersebut, untuk membantu mempermudah dalam mengelola bisnis udang maka diterapkan sebuah aplikasi untuk mengkukulasi faktor-faktor yang berpengaruh pada hasil produksi[8]. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produksi adalah kualitas air[9]. Dan juga faktor tempat pembudidayaan udang juga akan berpengaruh terhadap kualitas air[10], agar udang dapat bertahan dalam kondisi hidup maka suhu air yang baik antara 31° - 33° C selanjutnya kekeruhan air yang baik adalah 35 - 45 cm kemudian derajat keasaman pH air yang baik antara 7,5 - 8,5[11]. Solusi yang bisa digunakan adalah pengaplikasian logika fuzzy dengan menambahkan sistem berbasis *Internet of things* serta menggunakan aplikasi android dalam proses monitoring dan kontroling kualitas air[12]. Sistem mengakses data kadar pH, Tingkat kekeruhan air, suhu air dan perhitungan penggunaan *fresh water* dan cairan penetral pH secara Realtime[13]. NodeMCU ESP 32 digunakan sebagai pusat pengolah data dan kendali dalam proses kontrol untuk mematikan dan menghidupkan pompa *fresh water* dan pompa cairan penetral pH[14]. Dengan demikian, petani tambak udang tidak harus berkeliling kolam serta mengontrol penggunaan *fresh water* dan cairan penetral pH. Alat monitoring yang digunakan adalah smartpHone yang diharapkan dapat mengakses data secara langsung sebagai penerapan dari IoT (*Internet of things*)[15].

2. METODE PENELITIAN

Pada metodologi penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan dalam melakukan penelitian, Konsep alur metodologi penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar :



Gambar 1 (a) Diagram Alir Penelitian, (b) Diagram Blok Perangkat Keras

2.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang di gunakan dipenelitian ini menggunakan 2 tahapan yaitu perancangan menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan menggunakan perangkat lunak (*software*), untuk perangkat keras menggunakan sensor berupa : Turbidity sensor yang dimana sensor ini untuk mengukur kekeruhan air, sensor temperatur DS18B20 yang dimana sensor ini akan digabungkan dengan turbidity sensor untuk mengisi air bersih kedalam tambak menggunakan mikrokontroler berupa Esp32, sensor pH Meter sebagai pengukur tingkat kelayakan kadar pH pada air.

Sedangkan perangkat lunaknya menggunakan Esp 32 sebagai IoT atau Pemantau sensor-sensor di SmartHome yang pengaplikasiannya menggunakan *Fuzzy Logic* Kontrol sebagai teori kontrol disetiap sensor yang menggunakan aplikasi berupa Matlab.

Alat ini dirancang secara garis besar memiliki dua perangkat utama :

- 2.1.1. Perangkat lunak (*Software*), yaitu jalur diagram yang dilakukan untuk menjalankan sistem mekanik.
- 2.1.2. Perangkat keras (*Hardware*), yaitu seperti rangkaian sistem mekanik dan rangkaian pengontrol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Alat

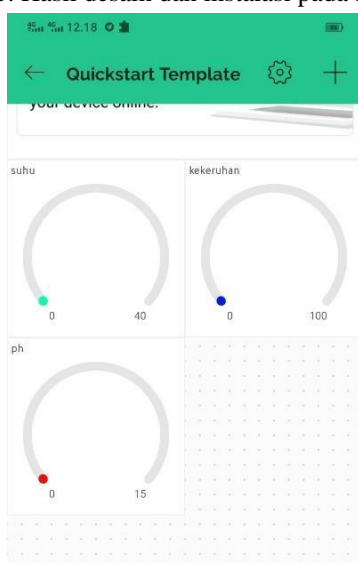
Gambar 1 merupakan gambaran hasil instalasi Esp 32 terhadap Sensor Suhu, Sensor Kekeruhan, Sensor pH, dan Relay untuk pompa saling terhubung.



Gambar 1. Hasil instalasi Esp32 dengan komponen pendukung

3.2 Hasil Perancangan Sistem Monitoring

Pembuatan aplikasi menggunakan *blynk* yang berfungsi sebagai monitoring dan kontrol kualitas air tambak udang. Pembuatan design aplikasi *blynk* ini didesain sedemikian rupa agar menjadi aplikasi yang *user interface*. Hasil desain dan instalasi pada *blynk* dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Desain Aplikasi dengan blynk Gambar SmartpHone



3. Hasil Instalasi Awal pada

3.3 Pengujian Sensor Kekeruhan

Sensor Kekeruhan yang digunakan diuji berdasarkan tingkat kekeruhan yang berada pada sebuah bak atau wadah tertentu. Sensor kekeruhan dapat dikalibrasi dengan sebuah alat ukur *turbidity* meter. Karena dalam penelitian alat ini menggunakan sensor kekeruhan yang mempunyai karakteristik tersendiri. Maka pengukuran mengacu pada percobaan dengan datasheet pada sensor tersebut. Sensor kekeruhan membutuhkan tegangan input sebesar 3.3 V DC dan mengeluarkan tegangan output DC. Berikut tabel percobaan sensor kekeruhan untuk mengetahui tegangan output pada setiap kekeruhan.

Tabel 1. Pengujian sensor ADC

Pengujian Nilai Adc	
Tegangan input	Nilai ADC
0,92 V	953
1,20 V	1315
2.8 V	3350
3.3 V	4095

Dari Tabel 1 dapat dianalisa jumlah bit dalam ADC tersebut adalah 12 bit dikarenakan nilai ADC 4095. Kemudian dapat melakukan pengujian ADC kembali dengan menggunakan sensor kekeruhan.

Tabel 2. Pengujian sensor kekeruhan untuk mengetahui tegangan output pada air

Pengujian sensor Kekeruhan			
Sample air kolam keruh	Nilai ADC pengujian	Nilai Tegangan	Nilai Kekeruhan
Sedikit keruh	953	0.92 Volt	23 %
Sedikit keruh	1315	1,20 Volt	32 %
keruh	2905	2,51 Volt	71 %
keruh	3350	2,80 Volt	82 %
keruh	3876	3,01 Volt	91 %

Nilai dalam tabel 2 tersebut didapat dengan menggunakan fungsi (map) pada coding ESP 32. Dengan demikian setelah melakukan beberapa percobaan untuk menemukan titik jenuh atau kekeruhan maksimal pada sensor tersebut. Juga dapat mengkalibrasi dan menganalisa kekeruhan pada sensor dengan nilai ADC pada datasheet.

3.4. Pengujian Sensor suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan error dari data hasil pengukuran sensor suhu. Pengukuran dilakukan dengan membanding termometer air raksa dan sensor suhu DS18B20 dengan perlakuan yang sama. Pengukuran dilakukan didalam ruang inkubator. Sensor suhu DS18B20 dan termometer air raksa diletakan didalam inkubator kemudian proses pengukur suhu dimulai. Suhu bersumber dari pemanas berupa lampu pijar. Pengamatan suhu dengan sensor akan tertampil pada layar LCD. Hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 dicatat pada tabel. Pengujian sensor bertujuan menghitung tingkat error atau kesalahan. Contoh pengujian sensor suhu dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengujian sensor suhu DS18B20

Ragam ralat dari pengukuran atau pengamatan dibagi menjadi 3 macam, yaitu: ralat sistematis (*systematic error*), ralat rambang (*random error*), dan ralat kekeliruan tindakan. Ralat sistematis adalah ralat pengukuran yang akan memberikan efek tetap terhadap hasil ukur (Panduan Praktikum Fisika Dasar, 2016) ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2). Rumus perhitungan nilai *error* :

$$error = |X - Xi| \quad (1)$$

$$\% error = \left| \frac{(X - Xi)}{X} \times 100\% \right| \quad (2)$$

Keterangan :

X = Data Sebenarnya

Xi = Data Terukur

% Error = Ralat *Systematic*

Selanjutnya dapat dijabarkan untuk mencari *error* dan menghitung % *error*, ditunjukkan pada persamaan (3) dan (4). yaitu :

$$Error = | \text{suhu sebenarnya} - \text{suhu terukur} | \quad (3)$$

$$\% error = \left| \frac{\text{suhu sebenarnya} - \text{suhu terukur}}{\text{suhu sebenarnya}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Suhu Sensor DS18B20 dengan Termometer

No	Pengukuran Suhu Termometer (°C)	Pengukuran Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Error	% Error
1	29,0	29,2	0,2	0,68
2	28,4	29,0	0,6	2,1
3	27,8	28,6	0,8	2,8
4	27,8	28,4	0,6	2,1
5	29,9	28,2	1,7	5,6
6	25,8	26,7	0,9	3,4
7	26,2	27,8	1,6	5,7
8	27,4	27,6	0,2	0,7
9	29,0	30,9	1,9	6,1
10	27,5	28,9	1,4	4,8
Rata-rata error dan % error			0,99	3,3 %

Hasil pengujian pengukuran suhu sensor DS18B20 menggunakan pembandingan termometer air raksa hasilnya pada tabel 3. Selanjutnya dilakukan pengujian tegangan sensor suhu DS18B20. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan sensor. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan sensor ketika terjadi perubahan suhu. Pengukuran tegangan sensor menggunakan alat ukur multimeter digital Wipro type DT830D. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor dicatat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Sensor Suhu DS18B20

No	Suhu	Output Tegangan (volt)	
		Tanpa Beban	Dengan Beban
1	28,6	4,94	4,87
2	29,0	4,94	4,86
3	30,0	4,94	4,86
4	28,4	4,94	4,86
5	30,4	4,94	4,87

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa pengukuran dilakukan pada saat perubahan nilai suhu, maka akan didapat tegangan pada sensor tetap. Sehingga dikatakan sensor bekerja secara stabil.

3.5. Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH 4502C dilakukan untuk melihat keakuratan dari hasil pembacaan sensor pH 4502C. Pengujian dilakukan dengan mengecek hasil dari monitoring pH air. Pengukuran pH dilakukan dengan beberapa kali percobaan dan dari percobaan akan didapat data hasil uji alat. Sensor pH adalah sensor yang digunakan untuk membaca kadar pH atau keasaman pada air. Rumus (5) dan (6) adalah rumus pH yang digunakan pada percobaan ini.

$$\text{Voltage} = \text{averageData()} * 5.0 / 1025 \quad (5)$$

$$\text{pH Value} = 3.5 * \text{voltage} + \text{Offset} - 1 \quad (6)$$

Pada rangkaian alat system kontrol ini, pin output yang digunakan adalah pin analog *Output* dan *Digital Input*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap alat, arus listrik dapat mengalir dengan baik ke seluruh komponen. Sensor pH juga berfungsi mendeteksi tingkat keasaman air dengan baik. Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada sensor pH untuk beberapa kepekatan pH air. Contoh pengujian sensor pH dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran tegangan pada sensor pH

No	Sensor pH	Volt (Tegangan)
1.	pH 7,4	2,73
2.	pH 4,8	2,59
3.	pH 5,7	2,82



Gambar 5. Foto Pengujian pH

Pengujian dilakukan pada hari dan waktu yang berbeda, dengan alat pH Meter Digital dan sensor pH4502C kemudian data dari kedua alat tersebut dibandingkan untuk mengetahui hasil dari kedua alat tersebut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Nama Air	Pengukuran pH		Akurasi (%)
		SensorpH 4502C	pH MeterATC	
1	Air Pam	6.62pH	7.01pH	94.43%
2	Air waduk	6.1pH	6.5PH	92.42%
3	Air isi ulang	7.5pH	7.4pH	98.66%
4	Aqua	7pH	7pH	100%
5	Sprite	4.19pH	4.20pH	99.76%
6	Air garam	5.61pH	5.80pH	96.72%
7	Teh NU green tea	5.28pH	5.40pH	97.77%
8	Kopi kapal api	5.14pH	5.21pH	98,65%
9	Susu Yakult	4.19pH	4.20pH	97.14%
10	Pocari sweat	4.19pH	4.20pH	99.76%

Dapat dilihat pada Tabel 6, hasil pengujian Sensor pH meter 4502C dibandingkan dengan pengukuran pH meter digital (terbacaoleh sensor pH), didapatkan rata-rata akurasi sensor pH adalah sebesar 97,5%.

3.6. Pengujian Pompa

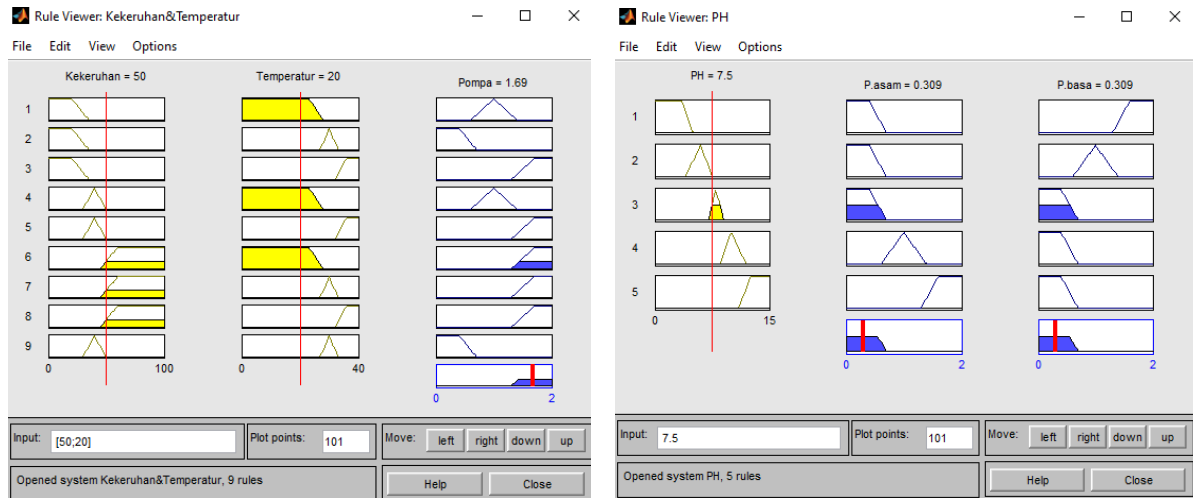
Data pada tabel Pengujian menunjukkan dari pompa air DC yang bertujuan untuk menguji coba pompa Ketika relay aktif maka pompa akan aktif dan pada saat relay mati maka pompa akan ikut mati.

Tabel 7. Pengujian Pompa Air

Pompa	Tegangan sumber (Volt)	Kondisi Relay	Kondisi Pompa
Pompa 12v	12	NO (NormalyOpen)	Aktif
	0	NC (NormalyClose)	Mati

3.7. Pengujian Algoritma Fuzzy

Dalam hal ini membandingkan kesesuaian antara output dari simulasi di matlab dengan hasil dari pembacaan sensor dengan mikrokontroller.



Gambar 6. Simulasi Fuzzy Logic Matlab

Pada gambar 6 menunjukkan simulasi dari beberapa rule dari rule base yang sudah dirancang. Dan tentunya dengan output fuzzy.

Tabel 8. Pengujian Output Fuzzy suhu air & Kadar Kekeruhan

Percobaan Ke-	Suhu Air	Kadar Kekeruhan	Simulasi Output Pompa	Output Pompa
1	32°	40 %	0.277	0 (MATI)
2	15°	92 %	1.74	2 (NYALA 2)
3	24°	81 %	1.74	2 (NYALA 2)
4	26°	62 %	1.73	2 (NYALA 2)
5	31°	74 %	0.17	2 (NYALA 2)
6	28°	25 %	1	1 (NYALA 1)
7	35°	68 %	1.69	2 (NYALA 2)
8	32°	74 %	1.74	2 (NYALA 2)
9	17°	36 %	1	1 (NYALA 1)

Tabel 9. Pengujian Output Fuzzy Kadar pH

Percobaan Ke-	Kadar pH	Simulasi Output Pompa Asam	Simulasi Output Pompa Basa	Output Pompa Asam	Output Pompa Basa
1	2	0.277	1.72	0 (MATI)	2 (NYALA 2)
2	3.5	0.277	1.72	0 (MATI)	2 (NYALA 2)
3	5	0.309	1	0 (MATI)	1 (NYALA 1)
4	6	0.277	1	0 (MATI)	1 (NYALA 1)

5	7.5	0.309	0.309	0 (MATI)	0 (MATI)
6	9	1	0.321	1 (NYALA 1)	0 (MATI)
7	10.5	1	0.292	1 (NYALA 1)	0 (MATI)
8	12	1.7	0.296	2 (NYALA 2)	0 (MATI)
9	14	1.72	0.277	2 (NYALA 2)	0 (MATI)

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa implementasi dari fuzzy logic sudah menunjukkan kesesuaian. Sesuai dengan rule yang telah dirancang ketika diset suhu air, kadar kekeruhan dan kadar pH. Output dari fuzzy ini hanya terdapat 3 kategori yakni MATI, NYALA 1, NYALA 2 dikarenakan menggunakan tipe *mamdani/tsukamoto*. Yang dimana output berupa himpunan fuzzy.

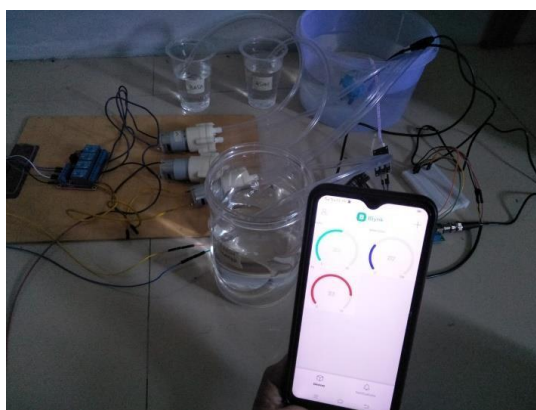
3.8. Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah pengujian umum instrumen selesai dan semua kerangka berfungsi dengan baik, tahap berikutnya adalah mengumpulkan informasi dan memeriksa informasi pada perangkat. Pengambilan data diamati saat alat bekerja dengan keseluruhan dan analisa data dilakukan dengan cara menganalisa dari data percobaan pada alat.

Tabel 10. Pengambilan Data Perngujian Alat Secara Keseluruhan

Waktu	Suhu Air	Nilai Kekeruhan Air	Kadar PH	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Keterangan
13.30	22 ⁰	28 %	1	NYALA 1	MATI	NYALA 2	Sesuai
13.32	23 ⁰	35 %	3	NYALA 1	MATI	NYALA 2	Sesuai
13.34	20 ⁰	32 %	4.5	NYALA 1	MATI	NYALA 1	Sesuai
13.36	25 ⁰	81 %	5.5	NYALA 2	MATI	NYALA 1	Sesuai
13.38	32 ⁰	45 %	6	MATI	MATI	NYALA 1	Sesuai
13.40	35 ⁰	74 %	8	NYALA 2	MATI	MATI	Sesuai
13.42	28 ⁰	25 %	10	NYALA 1	NYALA 1	MATI	Sesuai
13.44	24 ⁰	68 %	11	NYALA 2	NYALA 1	MATI	Sesuai
13.46	36 ⁰	74 %	13	NYALA 2	NYALA 2	MATI	Sesuai
13.48	31 ⁰	25 %	13.5	MATI	NYALA 2	MATI	Sesuai
13.50	26 ⁰	68 %	14	NYALA 2	MATI	MATI	Sesuai

Dari hasil pengujian diatas ketika suhu air kurang/lebih dari 31⁰-33⁰, dan jika kekeruhan air kurang/lebih dari 35%-45% maka pompa 1 akan nyala/mati sesuai rules. Jika kadar pH kurang/lebih dari 7.5-8. maka pompa 1 atau pompa 2 akan berjalan sesuai rules. Artinya maka proses tersebut sesuai yang diharapkan. Pada gambar 7 menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem.



Gambar 7 . Pengujian Seluruh Sistem

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisis, maka dapat disimpulkan beberapa hal yang dapat digunakan untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya, yaitu:

- a. Sensor kekeruhan dapat dikalibrasi dengan sebuah alat ukur turbidity meter. Karena dalam pembuatan alat ini memiliki keterbatasan alat pembanding serta sensor kekeruhan yang mempunyai karakteristik tersendiri. Maka pengukuran mengacu pada percobaan dengan datasheet pada sensor, semakin tinggi nilai ADC maka nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi yang didapat dengan menggunakan fungsi (map) pada coding ESP32
- b. Saat dilakukan pengujian sensor suhu (DS18B20) yang dilakukan selama sepuluh kali percobaan diketahui bahwa akurasi mencapai 96,7 % dari volume air sebenarnya. Hal tersebut menunjukan bahwa ketelitian sensor mendekati volume ukuran yang sebenarnya dengan error yang didapat 3,3 %. Akurasi tertinggi 99.32 % serta ralat tertinggi yakni 6.1%
- c. Dari hasil pengujian keseluruhan seluruh sitem diatas ketika suhu air kurang/lebih dari 31°-33°, dan jika kekeruhan air kurang/lebih dari 35%-45% maka pompa 1 akan nyala/mati sesuai rules. Jika kadar pH kurang/lebih dari 7.5-8. maka pompa 1 atau pompa 2 akan berjalan sesuai rules. Artinya maka proses tersebut sesuai yang diharapkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. B. Muljono, I. M. A. Nnrtha, I. M. Ginarsa, And I. M. B. Suksmadana, "Rancang Bangun Smart Energy Meter Berbasis Uno Dan Raspberry Pi," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, Vol. 14, No. 1, Pp. 9–18, Apr. 2018, Doi: 10.17529/Jre.V14i1.8718.
- [2] M. C. Pujiyanto, Istiyo Winarno, And D. Rahmatullah, "Smart Meter Dan Pengontrol Penggunaan Energi Listrik Berdasarkan Smart Relay Dengan Komunikasi Ethernet Dan Wireless," *Media ElektriKa*, Vol. 14, No. 2, Pp. 87–94, Dec. 2021.
- [3] A. Putu, S. Purna, R. Mustaricihie, And L. A. Wardoyo, "Review Artikel : Pengaplikasian Internet Of Things (Iot) Dalam Manufaktur Industri Farmasi Di Era Industri 4.0," *Farmaka*, Vol. 20, No. 1, Pp. 105–112, 2022.
- [4] P. Kaur And S. Singh, "Internet Of Things (Iot) In Agriculture: A Review On Technology Advancements," *Internet Of Things*, Vol. 6, Pp. 1–13, 2017.
- [5] Semtech, "What Is Lora?," <https://www.semtech.com/>. <https://www.semtech.com/Lora/What-Is-Lora> (Accessed Jul. 26, 2022).
- [6] A. Hikmaturokhman, H. Nafi'ah, S. Larasati, And P. Rahmawati, "Lorawan Planning And Implementation Analysis For Smart Factories In Industrial Estates," *Ieee Int. Conf. Commun. Networks Satell.*, Pp. 116–122, 2021.
- [7] Dinas Komunikasi Dan Informatika, "Demografi Penduduk Kabupaten Gresik," *Dinas Komunikasi Dan Informatika*, 2022. <https://gresikkab.go.id/info/demografi> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [8] M. I. Nashiruddin And S. Winalisa, "Designing Lorawan Internet Of Things Network For Smart Manufacture In Batam Island," In *2020 8th International Conference On Information And Communication Technology, Icoict 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Jun. 2020. Doi: 10.1109/Icoict49345.2020.9166426.
- [9] Dinas Komunikasi Dan Informatika, "Lokasi Kabupaten Gresik," *Dinas Komunikasi Dan Informatika*, 2022. <https://gresikkab.go.id/info/geografi> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [10] Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik, "Jumlah Penduduk Kabupaten Gresik," *Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik*, 2022. <https://gresikkab.bps.go.id/pressrelease/2021/01/27/88/jumlah-penduduk-kabupaten-gresik-hasil-sensus-penduduk-2020--sp-2020--sebesar-1-311-215-orang-.html> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [11] P. Rahmawati, A. Hikmaturokhman, K. Ni'amah, And M. I. Nashiruddin, "Lorawan Network Planning At Frequency 920-923 Mhz For Electric Smart Meter: Study Case In Indonesia Industrial Estate," *Journal Of Communications*, Vol. 17, No. 3, Pp. 222–229, Mar. 2022, Doi: 10.12720/Jcm.17.3.222-229.
- [12] D. Sallyna, U. Kurniawan Usman, And M. A. Murti, "Perencanaan Jaringan Long Range (Lora) Pada Frekuensi 920 Mhz-923 Mhz Di Kota Bandung Long Range (Lora) Network Planning With Frequency 920 Mhz-923 Mhz In Bandung City," *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 7, No. 1, Pp. 933–940, 2020.
- [13] I. Rezkika, S. Novalianda, And A. Ramadhan, "Analisis Kebutuhan Parameter Jaringan Lte Dengan Sistem Refarming Frekuensi Pada Daerah Urban Metropolitan Centre," *Semnastek Uisu*, Vol. 4, No. 2, Pp. 31–36, 2019.
- [14] B. Alfaresi, M. Vierly, E. Satya, And D. F. Ardianto, "Analisa Model Propagasi Okumura-Hata Dan Cost-Hata Pada Komunikasi Jaringan Wireless 4g Lte," *Jurnal Ampere*, Vol. 5, No. 1, 2020, Accessed: Dec. 14, 2022. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/319237-analisa-model-propagasi-okumura-hata-dan-d8dc5d0a.pdf>
- [15] A. S. Ayuningtyas, I. Uke, K. Usman, And I. Alinursafa, "Analisis Perencanaan Jaringan Lora (Long Range) Di Kota Surabaya Lora (Long Range) Network Planning Analysis In Surabaya City," *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 7, No. 2, Pp. 3350–3358, 2020.

Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pemalang Menggunakan Perangkat Lunak Homer

Hybrid Power Generation System Design (Wind Power And Solar Power) In The Widuri Area Pemalang District Using Homer Software

Muhammad Nurul Huda¹, Itmi Hidayat Kurniawan²

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. Raya Dukuh Waluh, Kembaran 53182, Indonesia

Informasi Makalah

Diajukan :
15 Agustus 2022
Diterima : 7 Juni 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

PLTS
HOMER
Hibrida
Turbin

INTISARI

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk di setiap daerah. Sedangkan sampai saat ini energi listrik yang diproduksi oleh PT. PLN belum memenuhi kebutuhan energi listrik secara merata. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat membantu mengatasi kurang meratanya energi listrik yang ada di Indonesia. Upaya pemerintah Indonesia dalam mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kelangkaan terhadap sumber energi yang berasal dari fosil yang diakibatkan oleh meningkatnya kebutuhan energi listrik setiap tahunnya. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER. Pembangkit listrik tenaga hibrida (tenaga angin dan tenaga surya) terdiri dari 6 turbin angin berkapasitas 600 kW, 400 kW modul surya dengan PV Array sebanyak 308 buah, 572 Baterai, 1.100 kW inverter. Modul surya berkontribusi sebesar 30,9 % dan turbin angin berkontribusi sebesar 69,1 %. Pembangunan pembangkit listrik tenaga hibrida memerlukan biaya pembangunan sebesar Rp 80.875.269.985,30. Sedangkan untuk biaya produksi per kWh sebesar Rp 2.425,34 dan balik modal dalam kurun waktu 8,4 tahun. Luas tanah pembangkit listrik seluas 66.274 m².

ABSTRACT

Keyword:

PLTS
HOMER
Hybrid
Turbine

The need for electrical energy in Indonesia is growing rapidly along with population growth in each region. Meanwhile, until now the electrical energy produced by PT. PLN has not met the demand for electrical energy evenly. The utilization of renewable energy sources can help overcome the uneven distribution of electrical energy in Indonesia. The Indonesian government's efforts in optimizing the potential of renewable energy sources are stated in Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 79 of 2014 concerning the National Energy Policy which aims to prevent the scarcity of fossil energy sources caused by the increasing demand for electrical energy every year. Hybrid Power Generation System Design uses HOMER software simulation. The hybrid power plant (wind and solar power) consists of 6 wind turbines with a capacity of 600 kW, 400 kW solar modules with 308 PV arrays, 572 batteries, and 1,100 kW inverters. Solar modules contributed 30.9% and wind turbines contributed 69.1%. The construction of a hybrid power plant requires a construction cost of IDR. 80,875,269,985.30. Meanwhile, the production cost per kWh is IDR. 2,425.34 and the return on investment is 8.4 years. The land area of the power plant is 66,274 m².

Korespondensi Penulis:

Muhammad Nurul Huda
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. Raya Dukuh Waluh, Kembaran 53182, Indonesia
Email: muhnuhuda0030@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk disetiap daerah. Sedangkan sampai saat ini energi listrik yang diproduksi oleh PT. PLN (Pembangkit Listrik Negara) belum memenuhi kebutuhan energi listrik secara merata. Tidak meratanya energi listrik yang diproduksi oleh PT. PLN (Pembangkit Listrik Negara) dikarenakan kondisi geografis negara Indonesia yang terdiri atas banyak pulau yang mengakibatkan mahalnya biaya instalasi dan perawatan jaringan transmisi, hal tersebut sangat tidak sebanding dengan kebutuhan energi listrik yang relatif rendah di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan energi listrik[1].

Di Indonesia dalam memproduksi energi listrik masih banyak menggunakan sumber energi yang berasal dari minyak bumi, batu bara dan gas alam sebagai sumber energi utamanya. Seperti diketahui, saat ini penggunaan sumber energi yang berasal dari fosil semakin hari terus berkurang dan tidak dapat diperbaharui. Upaya pemerintah Indonesia dalam mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan tertuang dalam (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014) tentang Kebijakan Energi Nasional yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kelangkaan terhadap sumber energi[2].

Pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat membantu mengatasi kurang meratanya energi listrik yang ada di Indonesia. Menurut (Undang-Undang republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007) tentang Energi, sumber energi terbarukan yang tercantum dalam pasal 1 ayat (6), yaitu “sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut”. Selain itu energi terbarukan memiliki potensi yang sangat besar khususnya energi terbarukan yang berasal dari energi surya dan energi angin. Karena Indonesia terletak di daerah tropis dan terdapat banyak pantai, maka sumber energi terbarukan menjadi solusi terbaik untuk dijadikan sebagai persediaan energi listrik di daerah-daerah terpencil yang ramah terhadap lingkungan[3].

Rencana pembangunan pembangkit energi terbarukan terbesar di Indonesia tersebar di Sumatera Utara, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Jambi, Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, dan Aceh. Dari 10 provinsi tersebut berada di Pulau Jawa dan Sumatera. Padahal untuk potensi energi terbarukan di luar Pulau Jawa dan Sumatera juga memiliki potensi energi terbarukan yang besar pula, tetapi rencana penambahan pembangkit energi terbarukan masih terfokus pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)[2].

Kabupaten Pemalang adalah salah satu kota di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga dalam kebutuhan energi listrik juga besar. Pada tahun 2019 pelanggan listrik di Kabupaten Pemalang sebesar 377.013 pelanggan yang terbagi atas Pelanggan sebesar 357.940 pelanggan, pelanggan industri sebesar 275 pelanggan, pelanggan bisnis sebesar 8.085 pelanggan, pelanggan sosial sebesar 9.016 pelanggan, dan pelanggan publik (pemerintah + penerangan umum) sebesar 1.697 pelanggan[3].

Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin dan Energi Surya) menggunakan simulai perangkat lunak berupa HOMER (*Hibrida Operation Model for Electric Renewable*)[4]–[18]. HOMER bekerja berdasarkan 3 hal yaitu simulasi, optimasi, dan analisis sensitifitas. Dari ketiga hal tersebut bekerja secara bersamaan dan memiliki fungsi masing-masing, sehingga nantinya akan mendapatkan hasil yang optimal.

Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost (NPC) digunakan untuk mencari total biaya pembangunan pembangkit listrik baik pemasangan maupun dalam pengoperasian suatu proyek. Konfigurasi NPC tergantung pada masing-masing konfigurasi sistem yang mencakup *capital cost*, *replacement cost*, *O&M cost*, *fuel cost* dan *salvage* atau nilai sisa pada masing-masing komponen pada setiap konfigurasi sistem[4]. Untuk menghitung *net present cost* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$NPC = Capital Cost + Replacement Cost + O\&M Cost + Fuel Cost - Salvage$$

Dimana	<i>Capital cost</i>	= biaya modal (Rp)
	<i>Replacement cost</i>	= biaya penggunaan komponen (Rp)
	<i>O&M cost</i>	= biaya operasional dan perawatan (Rp)
	<i>Fuel cost</i>	= biaya bahan bakar (Rp)
	<i>Salvage</i>	= biaya sisa komponen (Rp)

Cost of Energy (COE)

Cost of Enrgy adalah biaya yang dikeluarkan per kWh pada saat sistem menghasilkan listrik [4]. Untuk mengetahui COE pada sistem pembangkit dapat menggunakan persamaan berikut:

$$COE = \frac{C_{ann.tot}}{C_{served}}$$

Dimana $C_{(ann,tot)}$ = total biaya sistem dalam 1 tahun (Rp/tahun)
 C_{served} = total konsumsi listrik dalam 1 tahun (kWh/tahun)

Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah keadaan impas ketika telah dihitung laba dan rugi dalam suatu periode tertentu[13]. Dalam keadaan tersebut suatu perusahaan tidak mendapat keuntungan dan sebaliknya tidak mendapat kerugian . Untuk mengetahui BEP pada sistem pembangkit dapat menggunakan persamaan berikut:

$$BEP = \frac{Fixed\ Cost}{P - VC}$$

Dimana BEP = titik impas (Rp)
 $Fixed\ Cost$ = biaya tetap (Rp)
 P ($Price$) = harga jual per unit (Rp)
 VC = *variable cost* (Rp)

2. METODE PENELITIAN

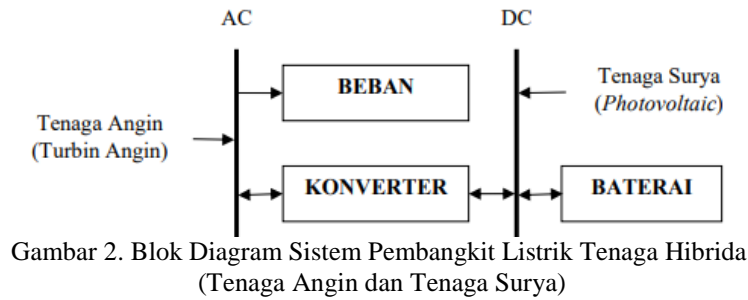
Dalam penelitian yang akan dilaksanakan terdapat rangkaian tahap yang harus diselesaikan, demi mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Dalam penelitian yang akan dilakukan didapatkan diagram alir analisis data seperti Gambar 1.

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan secara garis besar meliputi:



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

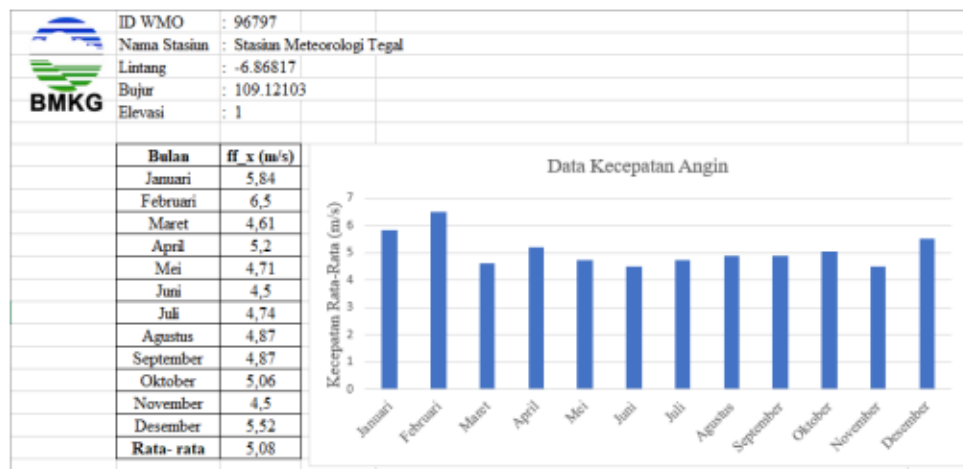
Output daya dari pembangkit listrik tenaga angin dan photovoltaic akan disimpan terlebih dahulu sebelum disalurkan ke beban, karena daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga hibrida (tenaga angin dan tenaga surya) tidak tetap tergantung dari kecepatan angin dan radiasi matahari. Ketika mendapatkan kecepatan angin dan radiasi matahari besar, maka kelebihan daya dari pembangkit listrik tenaga hibrida dapat disimpan di baterai terlebih dahulu untuk digunakan saat beban puncak.



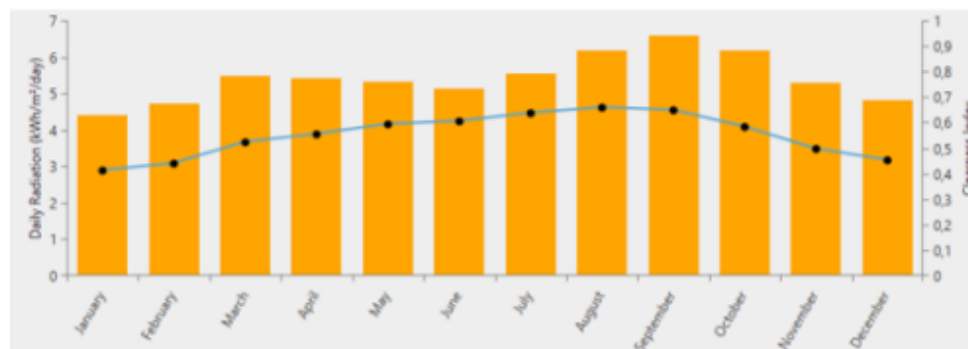
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Potensi Energi Terbarukan

Data potensi rata-rata kecepatan angin berdasarkan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebesar 5,08 m/s, sedangkan rata-rata radiasi matahari berdasarkan database NASA sebesar 5,43 kWh/m² /hari. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan potensi kecepatan angin dan potensi radiasi matahari yang ada di daerah Widuri berdasarkan database NASA.



Gambar 3. Potensi Kecepatan Angin di Widuri
Sumber : (Stasiun Meteorologi Tegal)



Gambar 4. Potensi Radiasi Matahari di Widuri
Sumber : National Aeronautics and Space Administration (NASA)

3.2. Kebutuhan Beban

Hasil prosentase beban kerja diperoleh dari perhitungan manual dengan cara mengalikan prosentase beban kerja dengan konsumsi daya listrik. Pada beban malam setiap pelanggan mengkonsumsi sebesar 90 watt, beban jam kerja setiap pelanggan mengkonsumsi sebesar 270 watt, dan beban puncak setiap pelanggan mengkonsumsi sebesar 360 watt. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 Penentuan Hasil Beban Kerja Berdasarkan Prosentase Beban.

Tabel 1. Penentuan Hasil Beban Kerja Berdasarkan Prosentase Beban

Macam Beban Kerja	Prosentase Beban Kerja × 450 watt	Hasil Prosentase Beban Kerja (watt)
Beban Malam	20% × 450 watt	90 watt
Beban Jam Kerja	60% × 450 watt	270 watt
Beban Puncak	80% × 450 watt	360 watt

Untuk menentukan hasil beban kerja yang dikonsumsi oleh semua Pelanggan dapat dihitung dengan perkalian hasil prosentase beban kerja dengan jumlah pelanggan beban rumah tangga. Beban kerja dibagi berdasarkan waktunya yang diasumsikan berdasarkan jurnal yang digunakan sebagai referensi. Untuk beban malam pada pukul 23.00 – 07.00, untuk beban jam kerja pada pukul 07.00 – 17.00 dan untuk beban puncak pada pukul 17.00 – 23.00. Hasil bebas kerja nantinya akan digunakan sebagai konsumsi semua Pelanggan di daerah Widuri. Pada beban malam yaitu pukul 23.00 – 07.00 total beban yang dikonsumsi semua Pelanggan sebesar 199.080 kWh, pada beban jam kerja yaitu pukul 07.00 – 17.00 total beban yang dikonsumsi semua Pelanggan sebesar 597.240 kWh, dan pada beban puncak yaitu mulai pukul 17.00 – 23.00 total beban yang dikonsumsi semua Pelanggan sebesar 796.320 kWh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 Perhitungan Beban Kerja Berdasarkan Jumlah Pelanggan.

Tabel 2. Tabel Beban Kerja

Waktu	Hasil Prosentase Beban Kerja (watt) × Pelanggan	Hasil Beban Kerja (kW)
23.00 – 07.00	90 watt × 1.190	107,1 kW
07.00 – 17.00	270 watt × 1.190	321,3 kW
17.00 – 23.00	360 watt × 1.190	428,4 kW

3.3. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

3.3.1. Turbin Angin

Untuk nominal kecepatan angin turbin Xant M-21 sendiri sebesar 11 m/s, dan pada daerah Widuri kecepatan angin sebesar 5,08 m/s. Maka kecepatan angin di daerah Widuri memiliki efisiensi sebesar 46,18%. Berikut perhitungan dari efisiensi kecepatan angin.

$$x = \frac{508\%}{11}$$

$$x = 46,18\%$$

Perhitungan asumsi kapasitas turbin angin yang dibutuhkan yaitu dengan memperhatikan beban jam kerja sebesar 321,3 kW. Dari beban jam kerja tersebut, kapasitas turbin angin yang dibutuhkan untuk memasok beban jam kerja yaitu sebesar 300 kW. Berikut perhitungn kapasitas turbin angin sesuai dengan efisiensi kecepatan turbin angin.

$$\text{kapasitas turbin} = P_{Tpem} \times \frac{100}{46,18}$$

$$\text{kapasitas turbin} = 300 \text{ kW} \times \frac{100}{46,18}$$

$$\text{kapasitas turbin} = \frac{30.000}{46,18}$$

$$\text{kapasitas turbin} = 649,63 \text{ kW}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan kapasitas turbin yang dibutuhkan yaitu sebesar 649,63 kW. Dari perhitungan tersebut, maka kapasitas turbin angin dapat memasok beban jam kerja sebesar 300 kW. Harga per turbin angin Rp 250.000.000, biaya pergantian Rp 187.500.000, biaya operasi dan perawatan per tahun sebesar Rp 100.000.000. Masa pakai turbin ini selama 20 tahun. Untuk tinggi turbin angin 31,8 m.

3.3.2. Modul Surya.

Modul surya yang digunakan adalah *Canadian Solar All-Black CS6K-290MS* dengan daya 290 W berbahan Mono-Crystalline. Modul surya ini memiliki efisiensi sebesar 17,72%. Penggunaan modul surya dengan bahan monocrystalline memiliki kelebihan sel surya yang paling efisien digunakan, karena penampangnya dapat menyerap radiasi matahari lebih efisien dari bahan lainnya. Selain itu walaupun harganya mahal, tapi 43 mudah didapatkan dipasaran. Perhitungan kapasitas modul surya seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{kapasitas modul} &= P_{Mpem} \times \frac{100}{17,72} \\ \text{kapasitas modul} &= 70,88 \text{ kW} \times \frac{100}{17,72} \\ \text{kapasitas modul} &= \frac{7.088}{17,72} \\ \text{kapasitas modul} &= 400 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperlukan modul surya dengan kapasitas 400 kW dengan efisiensi sebesar 17,72% dan kapasitas yang dibutuhkan untuk memasok listrik diasumsikan sebesar 70,88 kW. Potensi surya yang baik pada siang hari dengan besar kapasitas 70,88 kW bisa digunakan untuk memasok pada beban puncak. Harga per modul surya dan biaya pergantian Rp 6.500.000. Biaya operasional dan pemeliharaan diasumsikan tidak ada biaya karena sudah termasuk biaya pergantian dengan masa pakai modul surya yaitu selama 25 tahun.

3.3.3. Konverter

Jenis konverter yang digunakan adalah Eaton Power Xpert 1500 kW. Kapasitas konverter dilihat dari kapasitas turbin angin dan kapasitas modul surya. Kapasitas keseluruhan turbin angin sebesar 1.049,63 kW dan kapasitas modul surya sebesar 400 kW. Sehingga untuk kapasitas konverter sebesar 649,63 kW. Pembangkit listrik tenaga hibrida membutuhkan konverter menggunakan 1.049,63 kW. Sehingga dibutuhkan biaya dan biaya pergantian sebesar Rp 400.000.000 serta biaya operasional sebesar Rp 160.000.000.

3.3.4. Baterai

Jenis baterai yang digunakan adalah BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVV 210. Baterai digunakan untuk memasok listrik pada saat terjadi beban puncak dan saat siang hari beban jam kerja masih mendapat pasokan dari turbin angin. Harga per baterai dan biaya penggantian baterai Rp 3.250.000, lalu biaya perawatan dan operasionalnya Rp 1.950.000. Perhitungan kapasitas baterai dapat dilakukan sebagai berikut:

kapasitas baterai = beban puncak – kapasitas turbin pemasok

kapasitas baterai = 428,4 kW – 300 kW

kapasitas baterai = 128,4 kW

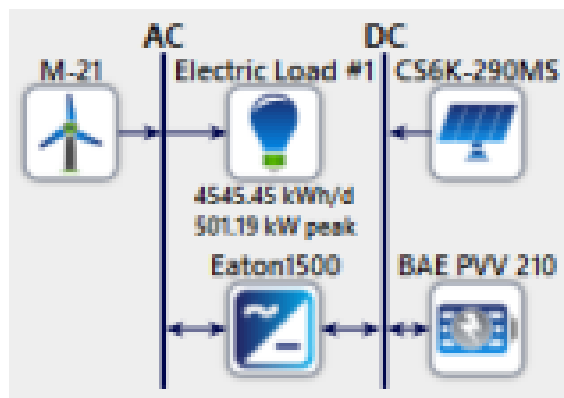
Dari perhitungan didapatkan kapasitas baterai sebesar 128,4 kW. Ketika akan digunakan untuk memasok saat beban puncak dapat dengan perhitungan sebagai berikut:

kapasitas energi baterai = 128,4 kW × 6 jam

kapasitas energi baterai = 770,4 kWh

3.4. Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Menggunakan Perangkat Lunak HOMER di daerah Widuri

Dari hasil simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak HOMER diperoleh perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida (tenaga angin dan tenaga surya) yang dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam perancangan nantinya energi listrik akan dipasok dengan dua sumber yaitu turbin angin dan panel surya. Perancangan pembangkit listrik tenaga hibrida dirancang dengan *lifetime* selama 20 tahun, karena melihat dari masa pakai komponen yang digunakan.



Gambar 5. Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Menggunakan Perangkat Lunak HOMER
Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.5. Analisis

3.5.1. Analisis Kelistrikan

a. Konfigurasi 1

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 400 kW, 6 turbin angin Xant M-21, 572 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 653.218 kWh/tahun dengan fraksi 30,9%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.458.265 kWh/tahun dengan fraksi 69,1%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.111.482 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.139.275 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 934.511 kWh/tahun.

b. Konfigurasi 2

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 300 kW, 6 turbin angin Xant M-21, 715 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 489.913 kWh/tahun dengan fraksi 25,1%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.458.265 kWh/tahun dengan fraksi 74,9%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 1.948.178 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.142.959 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 764.452 kWh/tahun.

c. Konfigurasi 3

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 200 kW, 7 turbin angin Xant M-21, 859 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 326.609 kWh/tahun dengan fraksi 16,1%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.701.309 kWh/tahun dengan fraksi 83,9%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.027.917 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.145.157 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 840.827 kWh/tahun.

d. Konfigurasi 4

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 100 kW, 8 turbin angin Xant M-21, 1.002 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 163.304 kWh/tahun dengan fraksi 7,75%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.944.353 kWh/tahun dengan fraksi 92,3%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.107.657 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.137.736 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 925.520 kWh/tahun.

e. Konfigurasi 5

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 400 kW, 7 turbin angin Xant M-21, 572 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 653.218 kWh/tahun dengan fraksi 27,7%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.701.309 kWh/tahun dengan fraksi 72,3%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.354.526 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.150.701 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 1.167.679 kWh/tahun.

Dari kelima konfigurasi dapat dibandingkan analisis kelistrikannya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kelistrikan dari Kelima Konfigurasi

Hasil Kelistrikan	Konfigurasi				
	1	2	3	4	5
Photovoltaic (kW)	400	300	200	100	400
Turbin Angin (kW)	600	600	700	800	700
Baterai (Unit)	572	715	859	1.002	572
Produksi Photovoltaic (kWh/tahun)	653.218	489.913	326.609	163.304	653.218
Produksi Turbin Angin (kWh/tahun)	1.458.265	1.458.265	1.701.309	1.944.353	1.701.309
Konsumsi Daya (kWh/tahun)	1.139.275	1.142.959	1.145.157	1.137.736	1.150.701
Kelebihan Daya Listrik (kWh/tahun)	934.511	764.452	840.827	925.520	1.167.679

Untuk perhitungan jumlah solar modul dapat menggunakan konfigurasi yang paling optimal yaitu menggunakan modul surya berkapasitas 400 kW. Jumlah kapasitas photovoltaic array diperoleh dari jumlah total daya yang terpasang dengan jumlah jam yang efektif dalam penyinaran matahari dalam satu hari. Untuk Eload photovoltaic array diperoleh sebesar 400 kW dari daya total keseluruhan photovoltaic untuk menjadi sumber beban di daerah Widuri.

$$PV \text{ Array} = \frac{E_{Load}}{4,5}$$

$$PV \text{ Array} = \frac{400.000}{4,5}$$

$$PV \text{ Array} = 88.888,89 \text{ Wp}$$

$$PV \text{ Array} = 88,89 \text{ kWp}$$

Dari perhitungan tersebut photovoltaic array yang dibutuhkan yaitu sebesar 88,89 kWp, sedangkan spesifikasi dari satu solar modul adalah 290 Wp. Sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = \frac{P_{Array}}{290}$$

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = \frac{88,89}{0,29}$$

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = 306,51$$

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = 308 \text{ buah}$$

3.5.2. Analisis Ekonomi

a. Konfigurasi 1

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp1,859,000,000.00	Rp29,443,021,532.44	Rp21,764,778,395.25	Rp0.00	-Rp480,771,600.54	Rp52,586,028,327.15
CanadianSolar	Rp8,965,517,241.38	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp3,567,897,272.42	Rp5,397,619,968.96
Eaton Power X _i	Rp293,333,333.33	Rp491,435,657.02	Rp3,434,284,559.41	Rp0.00	-Rp389,114,266.63	Rp3,829,939,283.13
XANT M-21 [II]	Rp1,500,000,000.00	Rp0.00	Rp17,561,682,406.07	Rp0.00	Rp0.00	Rp19,061,682,406.07
System	Rp12,617,850,574.71	Rp29,934,457,189.46	Rp42,760,745,360.72	Rp0.00	-Rp4,437,783,139.59	Rp80,875,269,985.30

Gambar 6. Hasil Simulasi Konfigurasi 1

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$NPC = Capital \text{ Cost} + Replacement \text{ Cost} + O\&M \text{ Cost} + Fuel \text{ Cost} - Salvage$$

$$NPC = Rp 80.875.269.985,30.$$

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 80.875.269.985,30.

Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp63,513,277.04	Rp1,005,929,415.59	Rp743,600,000.00	Rp0.00	-Rp16,425,701.91	Rp1,796,616,990.72
CanadianSolar	Rp306,309,510.70	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp121,898,250.63	Rp184,411,260.07
Eaton Power X _i	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 [II]	Rp51,247,937.37	Rp0.00	Rp600,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp651,247,937.37
System	Rp431,092,543.97	Rp1,022,719,458.10	Rp1,460,933,333.33	Rp0.00	-Rp151,618,154.92	Rp2,763,127,180.48

Gambar 7. Annualized Cost Konfigurasi 1

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{C_{ann.tot}}{C_{served}} = \frac{Rp\ 2.763.127.180,48}{Rp\ 1.139.275\ kWh/tahun} = Rp\ 2.425,34$$

Maka biaya produksi listrik pada sebesar Rp 2.425,34 /kWh.

Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Fixed\ Cost}{(Harga\ Jual \times Konsumsi\ daya/tahun) - Operasional}$$

$$BEP = \frac{Rp\ 12.617.850.574,71}{(Rp\ 2.600 \times 1.139.275) - Rp\ 1.460.933.333,33} = \frac{Rp\ 12.617.850.574,71}{Rp\ 1.501.181.666,67} = 8,4$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 8,4 tahun.

b. Konfigurasi 2

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp2.323.750.000,00	Rp34.207.816.023,39	Rp27.205.972.994,06	Rp0,00	-Rp3.348.325.926,07	Rp40.389.013.091,38
CanadianSolar	Rp6.724.137.931,03	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp2.675.922.954,32	Rp4.048.214.976,72
Eaton Power Xi	Rp203.333.333,33	Rp491.435.657,02	Rp3.434.264.559,41	Rp0,00	-Rp389.114.266,63	Rp3.829.939.283,13
XANT M-21 [1]	Rp1.500.000.000,00	Rp0,00	Rp17.561.682.406,07	Rp0,00	Rp0,00	Rp19.061.682.406,07
System	Rp10.841.221.264,37	Rp34.699.051.680,41	Rp48.201.639.959,54	Rp0,00	-Rp6.413.363.147,02	Rp87.328.849.757,29

Gambar 8. Hasil Simulasi Konfigurasi 2

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan pada konfigurasi 2 sebesar Rp 87.328.849.757,29.

Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp79.391.596,30	Rp1.168.713.175,62	Rp929.500.000,00	Rp0,00	-Rp114.396.531,56	Rp2.063.208.240,36
CanadianSolar	Rp229.732.133,02	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp91.423.687,97	Rp138.308.445,05
Eaton Power Xi	Rp10.021.818,86	Rp16.790.042,51	Rp117.333.333,33	Rp0,00	-Rp13.294.202,38	Rp130.850.992,33
XANT M-21 [1]	Rp51.247.937,37	Rp0,00	Rp600.000.000,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp651.247.937,37
System	Rp370.393.485,56	Rp1.185.503.218,13	Rp1.646.833.333,33	Rp0,00	-Rp219.114.421,91	Rp2.983.615.615,11

Gambar 9. Annualized Cost Konfigurasi 2

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 2.983.615.615,11}{Rp\ 1.142.959\ kWh/tahun} = Rp\ 2.610,43$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 2.610,43 / kWh.

Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 10.841.221.264,37}{(Rp\ 2.800 \times 1.142.959) - Rp\ 1.646.833.333,33} = 6,97\ tahun$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 6,97 tahun.

c. Konfigurasi 3

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp2.791.750.000,00	Rp32.339.928.891,33	Rp32.665.217.904,76	Rp0,00	-Rp1.410.513.069,30	Rp66.406.383.726,76
CanadianSolar	Rp4.482.758.620,69	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp1.783.948.636,21	Rp2.698.809.984,48
Eaton Power Xi	Rp293.333.333,33	Rp491.435.657,02	Rp3.434.264.559,41	Rp0,00	-Rp389.114.266,63	Rp3.829.939.283,13
XANT M-21 [1]	Rp1.750.000.000,00	Rp0,00	Rp20.468.829.473,74	Rp0,00	Rp0,00	Rp22.238.829.473,74
System	Rp9.317.841.954,02	Rp32.831.364.548,35	Rp56.608.131.937,91	Rp0,00	-Rp3.583.575.972,15	Rp95.173.762.468,13

Gambar 10. Hasil Simulasi Konfigurasi 3

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 95.173.762.468,13.
 Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp95,380,952.76	Rp1,104,903,100.18	Rp1,116,700,000.00	Rp0.00	-Rp48,190,590.29	Rp2,268,793,462.65
CanadianSolar	Rp153,154,755.35	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp60,949,125.32	Rp92,205,630.03
Eaton Power X	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 [1]	Rp59,789,260.26	Rp0.00	Rp700,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp759,789,260.26
System	Rp318,346,787.24	Rp1,121,693,142.69	Rp1,934,033,333.33	Rp0.00	-Rp122,433,917.98	Rp3,251,639,345.28

Gambar 11. Annualized Cost Konfigurasi 3
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 3.251.639.345,28}{Rp\ 1.145.157\ kWh/tahun} = Rp\ 2.839,47$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 2.839,47 / kWh.
 Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 9.317.841.954,02}{Rp\ 3.435.471.000 - Rp\ 1.934.033.333,33} = 6,2$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 6,2 tahun.

d. Konfigurasi 4

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp3,256,500,000.00	Rp32,729,830,155.64	Rp38,126,412,503.57	Rp0.00	-Rp407,766,547.29	Rp73,704,976,111.92
CanadianSolar	Rp2,241,379,310.34	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp891,974,318.11	Rp1,349,404,992.24
Eaton Power X	Rp203,333,333.33	Rp491,435,657.02	Rp3,434,284,559.41	Rp0.00	-Rp389,114,266.63	Rp3,829,939,283.13
XANT M-21 [1]	Rp2,000,000,000.00	Rp0.00	Rp23,415,576,541.42	Rp0.00	Rp0.00	Rp25,415,576,541.42
System	Rp7,791,212,643.68	Rp33,221,265,812.67	Rp64,976,273,604.40	Rp0.00	-Rp1,688,835,132.03	Rp104,299,896,928.71

Gambar 12. Hasil Simulasi Konfigurasi 4
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 104.299.896.928,71.
 Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp111,259,272.02	Rp1,118,224,190.56	Rp1,302,600,000.00	Rp0.00	-Rp13,931,462.98	Rp2,518,151,999.60
CanadianSolar	Rp76,577,377.67	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp30,474,562.66	Rp46,102,815.02
Eaton Power X _i	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 [1]	Rp68,330,583.16	Rp0.00	Rp800,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp868,330,583.16
System	Rp266,189,051.72	Rp1,135,014,233.07	Rp2,219,933,333.33	Rp0.00	-Rp57,700,228.02	Rp3,563,436,390.10

Gambar 13. Annualized Cost Konfigurasi 4
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 3.563.436.390,10}{Rp\ 1.137.736\ kWh/tahun} = Rp\ 3.132,04$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 3.132,04 / kWh.
 Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 7.791.212.643,68}{(Rp\ 3.300 \times 1.137.736) - Rp\ 2.219.933.333,33} = 5,07\ tahun$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 5,07 tahun.

e. Konfigurasi 5

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp3,256,500,000.00	Rp32,729,830,155.64	Rp38,126,412,503.57	Rp0.00	-Rp407,766,547.29	Rp73,704,976,111.92
CanadianSolar	Rp2,241,379,310.34	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp891,974,318.11	Rp1,349,404,992.24
Eaton Power X	Rp293,333,333.33	Rp491,435,657.02	Rp3,434,284,559.41	Rp0.00	-Rp389,114,266.63	Rp3,830,939,283.13
XANT M-21 (1)	Rp2,000,000,000.00	Rp0.00	Rp11,415,576,541.42	Rp0.00	Rp0.00	Rp13,415,576,541.42
System	Rp7,791,212,643.68	Rp33,221,265,812.67	Rp44,976,273,604.40	Rp0.00	-Rp1,688,855,132.03	Rp104,299,896,928.71

Gambar 14. Hasil Simulasi Konfigurasi 5

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 82.708.456.021,20.

Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp63,513,277.04	Rp1,022,867,860.41	Rp743,600,000.00	Rp0.00	-Rp79,274,134.20	Rp1,750,707,003.25
CanadianSolar	Rp306,309,510.70	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp121,898,250.63	Rp184,411,260.07
Eaton Power X	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 (1)	Rp59,789,260.26	Rp0.00	Rp700,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp759,789,260.26
System	Rp439,633,866.86	Rp1,039,657,902.92	Rp1,560,933,333.33	Rp0.00	-Rp214,466,587.21	Rp2,825,758,515.91

Gambar 15. Annualized Cost Konfigurasi 5

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 2.825.758.515,91}{Rp\ 1.150.701\ kWh/tahun} = Rp\ 2.455,68$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 2.455,68 / kWh.

Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 12.867.850.574,71}{(Rp\ 2.600 \times 1.150.701) - Rp\ 1.560.933.333,33} = 8,99\ tahun$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 8,99 tahun.

Dari kelima konfigurasi dapat dibandingkan analisis kelistrikkannya seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Ekonomi dari Kelima Konfigurasi

Konfigurasi	NPC (Rp)	COE (Rp)	BEP (tahun)
1	Rp 80.875.269.985,30	Rp 2.425,34	8,4
2	Rp 87.328.849.757,29	Rp 2.610,43	6,97
3	Rp 95.173.762.468,13	Rp 2.839,47	6,2
4	Rp 104.299.896.928,71	Rp 3.132,04	5,07
5	Rp 82.708.456.021,20	Rp 2.455,68	8,99

Dari Tabel 4 terlihat bahwa konfigurasi yang memiliki *Net Present Cost* (NPC) paling rendah yaitu pada konfigurasi 1 dengan perancangan pembangkit listrik tenaga hibrida terdiri atas *photovoltaic* 400 kW dan turbin angin 600 kW dan untuk biaya yang dikeluarkan pada saat sistem menghasilkan listrik sebesar Rp 2.425,34 Untuk balik modal sendiri membutuhkan waktu 8,4 tahun.

3.6. Perhitungan Luas Wilayah Tanah

3.6.1. Luas tanah yang digunakan untuk *photovoltaic*

Dimensi *photovoltaic*:

Panjang = 1650 mm = 1,65 m

Lebar = 992 mm = 0,992 m

Jarak antara modul surya = 0,8 m

Modul surya sebanyak 308 modul, dirangkai secara seri sebanyak 22 dan dirangkai secara paralel sebanyak 14.

Jumlah luas wilayah tanah yang diperlukan :

$$P = (14 \times 0,8) + (22 \times 1,65)$$

$$= (11,2 + 36,3)$$

$$= 47,5 \text{ m}$$

$$L = (13 \times 0,8) + (14 \times 0,992)$$

$$= (10,4 + 13,888)$$

$$= 24,288 \text{ m}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = \frac{(AB+DC)}{2} \times \frac{(AD+BC)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = \frac{(47,5+47,5)}{2} \times \frac{(24,288+24,288)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = \frac{95}{2} \times \frac{48,576}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = 1.154 \text{ m}^2$$

3.6.2. Luas tanah yang digunakan untuk turbin angin

Pada turbin angin horisontal, jarak yang dibutuhkan dari setiap turbin angin sekitar 6-10 kali diameter rotor. Namun untuk pemasangan pada ladang yang besar, jarak yang dibutuhkan dari setiap turbin angin sekitar 15 kali diameter rotor. Hal tersebut dilakukan untuk mempertimbangkan biaya turbin angin dan lahan yang akan digunakan.

Turbin angin yang digunakan adalah Eocycle EOX M-21. Kebutuhan pemasangan turbin angin sebanyak 6 turbin.

Diameter rotor turbin : 21 m

Jarak antar turbin : 6 kali diameter turbin angin

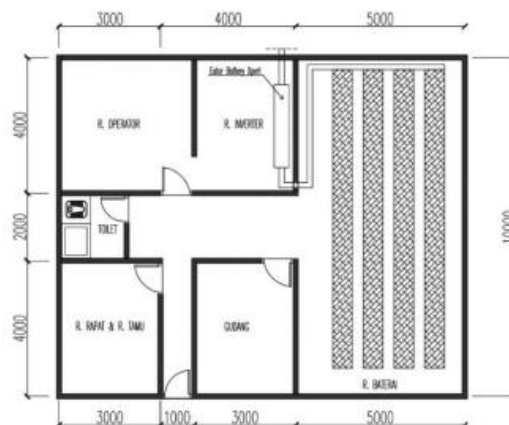
$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = \frac{(AB+DC)}{2} \times \frac{(AD+BC)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = \frac{(325+325)}{2} \times \frac{(200+200)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = \frac{650}{2} \times \frac{400}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = 65.000 \text{ m}^2$$

3.6.3. Luas tanah untuk Power House (PH)



Gambar 16. Bidang Tanah *Power House*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$\begin{aligned} \text{Luas Tanah Power House} &= \frac{(AB+DC)}{2} \times \frac{(AD+BC)}{2} \\ \text{Luas Tanah Power House} &= \frac{(12+12)}{2} \times \frac{(10+10)}{2} \\ \text{Luas Tanah Power House} &= \frac{24}{2} \times \frac{20}{2} \\ \text{Luas Tanah Power House} &= 120 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.6.4. Luas tanah pembangkit

Luas Tanah Pembangkit = Photovoltaic + Turbin Angin + PH

Luas Tanah Pembangkit = 1.154 + 65.000 + 120

Luas Tanah Pembangkit = 66.274 m²

Dari perhitungan diperoleh luas tanah yang dibutuhkan pembangkit listrik seluas 66.274 m².

4. KESIMPULAN

Pembangkit listrik tenaga hibrida yang paling optimal pada penelitian ini terdiri dari 6 turbin angin Xant M-21 berkapasitas 600 kW, 400 kW modul surya CanadianSolar All-Black CS6K-290MS dengan PV Array sebanyak 308 buah, 572 Baterai BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVV 210, 1.100 kW inverter dapat membangkitkan listrik sebesar 1.139.275 kWh/tahun.

Untuk mengcover kelurahan Widuri, pembangkit listrik tenaga surya berkontribusi sebesar 30,9% dan pembangkit listrik tenaga angin berkontribusi sebesar 69,1%. Pada konfigurasi yang paling optimal *Net Present Cost* (NPC) sebesar Rp 80.875.269.985,30, *Cost of Energy* (COE) sebesar Rp 2.425,35 dan *Break Even Point* (BEP) dalam kurun waktu 8,4 tahun. 4. Luas tanah pembangkit listrik tenaga hibrida yang berasal dari tenaga angin dan tenaga surya seluas 66.274 m², dengan luas tanah modul surya seluas 1.154 m², luas tanah turbin angin seluas 65.000 m², dan luas tanah power house seluas 120 m².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Syaufi, H. #1, S. #2, R. Halid, and S. #3, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/kitektro/article/view/10146>.
- [2] PP No. 79, "PP No. 79 Thn 2014.pdf," pp. 1–36, 2014.
- [3] BPS Pemalang, "Pelanggan Perusahaan Listrik Negara (PLN) 2007-2019." <https://pemalangkab.bps.go.id/statictable/2015/03/13/21/pelangganperusahaan-listrik-negara-pln-2007-2019.html>.
- [4] A. W. Akbar, N. Hiron, and N. Nadrotan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan (Homer) Di Daerah Pesisir Pantai Pangandaran," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2019, doi: 10.37058/jeee.v1i1.1191.
- [5] M. A. D. Prasetyo, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-PV di Daerah Puger Menggunakan Perangkat Lunak Homer," *Digit. Repos. Univ. Jember*, p. 27, 2015.
- [6] R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *J. Power Electron.*, vol. 18, pp. 65–71, 2010.
- [7] A. Hafid, Z. Abidin, S. Husain, and R. Umar, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo," *J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 14, no. 1, p. 10, 2017.
- [8] L. Halim, L. Halim, and O. Sudjana, "Perancangan Dan Implementasi Awal Solar Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid," *J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 31–38, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/4105>.
- [9] Hamdani, T. Zuraidah, and A. Siti, "Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir," *Semastek Uisu*, pp. 189–194, 2019.
- [10] H. hardianto Pradana and H. Mubarak, "Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Surya Dan Angin Di Fakultas Teknologi Industri," *Kurvatek*, vol. 3, no. 2, pp. 101–109, 2018, doi: 10.33579/krvtk.v3i2.1103.
- [11] A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 34–45, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133706.
- [12] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 48, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p09.
- [13] S. Situmorang *et al.*, "Pelatihan Perancangan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di SMK Cinta Rakyat terbaru untuk mengatasi sumber energi listrik dari energi fosil yang terbatas . Pembangkit Competencies of Vocational High," *Ikraith-Abdimas*, vol. 5, no. 2, pp. 75–81, 2021.
- [14] V. A. Maulana and A. Ansori, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Solar Cell dan Turbin Angin Vertikal Model Darrieus Tipe H di Pesisir Pantai Tamban Kabupaten Malang," *Jtm*, vol. 8, pp. 111–118, 2020, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/14/article/view/31969>.
- [15] V. R. T. Manullang, A. Nugroho, and E. W. Sinuraya, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Software Homer Di Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 148–156, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i2.148-156.
- [16] M. Farid, "Analisa Perancangan Sistem Pembangkit Tenaga Hibrida Di Pantai Seruni, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan," 2018, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/12617>.
- [17] P. G. Chamdareno, E. Nuryanto, and E. Dermawan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Panel Surya dan Diesel Generator) pada Kapal KM. Kelud," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 59, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.59-64.
- [18] E. Widiyanto, D. B. Santoso, K. Kardiman, and N. Fauji, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Photovoltaic-Wind Turbines Di Pantai Sedari Karawang," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, p. 41, 2019, doi: 10.30595/jrst.v3i1.3653.

Sistem Keamanan Rumah Menggunakan RFID dan Keypad Matrix Dengan One Time Pad

Home Security Systems Using RFID and Keypad Matrix With One Time Pad

Abdul Rozaq¹, Deny Irawan², Yoedo Ageng Surya³

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kabupaten Gresik 61121

Informasi Makalah

Diajukan : 14 Mei 2023
Diterima : 7 Juni 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

RFID
One Time Pad
Arduino Uno
SIM 900A
Keypad Matrix

Keyword:

RFID
One Time Pad
Arduino Uno
SIM 900A
Keypad Matrix

INTISARI

Dari analisa penulis banyak berita yang mengabarkan bahwasanya pencurian di lingkup rumah terjadi karena adanya kesempatan dan mudahnya akses untuk masuk ke dalam rumah di karenakan pintu rumah yang mudah sekali untuk di bobol. Pada penelitian ini penulis ingin merancang sebuah keamanan rumah dengan sistem kunci berbasis elektronik. Diera berkembangnya sistem elektronik sekarang banyak kebutuhan industri maupun kebutuhan sehari-hari yang mengandalkan sistem otomatisasi. Seperti halnya kebutuhan di lingkup rumah, dimana salah satunya memerlukan sistem keamanan demi menjaganya barang berharga di dalam rumah. Penelitian ini merancang sebuah Sistem Keamanan Rumah Menggunakan RFID dan Keypad Matrix Dengan One Time Pad. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai sistem pengendali rangkaian, input dari rangkaian ini menggunakan RFID sebagai akses untuk menginisialisasi pemilik rumah, lalu SIM 900A sebagai modul pengirim kode OTP ke pemilik rumah, setelah itu akan di input ke Keypad Matrix untuk memproses sistem keamanan rumah dan membuka Solenoid *Door Lock*.

ABSTRACT

From the author's analysis, there is a lot of news that reports that theft in the scope of the house occurs because of the opportunity and easy access to enter the house because the door of the house is very easy to break into. In this study the authors wanted to design a home security with an electronic-based key system. In the era of the development of electronic systems, many industrial needs and daily needs rely on automation systems. As with the needs in the scope of the house, where one of them requires a security system to keep valuable items in the house. This research designs a Home Security System Using RFID and Matrix Keypad With One Time Pad. This system uses Arduino Uno as a circuit control system, input from this circuit uses RFID as access to initialize the home owner, then SIM 900A as a module that sends the OTP code to the home owner, after that it will be input to the Keypad Matrix to process the home security system and open Door Lock Solenoids.

Korespondensi Penulis:

Abdul Rozaq, Deny Irawan, Yoedo Ageng Surya
Program Studi S1 Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kabupaten Gresik 61121
Email: abdulrozaqmlg@gmail.com; den2mas@umg.ac.id; mryoedo@umg.ac.id

1. PENDAHULUAN

Sistem pengunci pintu yang masih memakai kunci konvensional memiliki banyak kelemahan diantaranya mudah rusak, mudah untuk dibobol dan cenderung mudah diduplikat oleh orang yang tidak bertanggung jawab sehingga mengurangi kenyamanan dan keamanan [1]. Salah satu fungsi perangkat elektronika yang mengalami peningkatan sangat pesat adalah komponen elektronika yang digunakan dalam sistem pengendalian [2]. Diera berkembangnya sistem elektronik sekarang banyak kebutuhan industri maupun kebutuhan sehari-hari yang mengandalkan sistem otomatisasi. Seperti halnya kebutuhan di lingkup rumah, dimana salah satunya memerlukan sistem keamanan demi menjaganya barang berharga di dalam rumah [3].

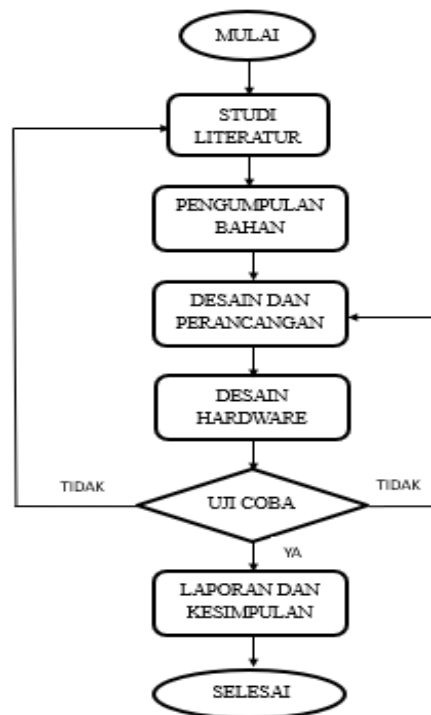
Pada umumnya pengamanan pintu pada rumah yang digunakan masyarakat masih menggunakan kunci biasa. Sebagai pengganti kunci pintu manual pemanfaatan RFID telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Sistem Radio Frequency Identification (RFID) adalah sebuah teknologi yang dapat mendeteksi identitas pengguna dimana proses ini terbilang unik karena tidak harus bersentuhan langsung dengan RFID Reader [11]. RFID telah ada lebih dari 20 tahun dan secara luas digunakan dalam berbagai bidang misalnya via jalan tol, kendali akses, tiket, dan peralatan mobil. Dalam beberapa tahun terakhir RFID menjadi fokus perhatian karena kecanggihan teknologi, sekuriti yang lebih tinggi, kemudahan otomasi dan penerapan di bidang industry [12]. Teknologi RFID merupakan teknologi yang dapat melakukan many-to-many communication (banyak reader dapat membaca satu tag, maupun satu reader dapat membaca banyak tag), transmisi data secara wireless dibandingkan dengan barcode konvensional yang menggunakan optic [13]. Sehingga RFID pada penelitian ini sangat cocok untuk diterapkan atau diimplementasikan pada prototype sistem keamanan pintu rumah karena dapat menjadikan sebagai keamanan berlapis [10].

Pemilihan RFID sebagai inputan untuk mengirim kode OTP agar memudahkan pembacaan data dibanding barcode yang harus satu arah dengan penempatan yang presisi. Algoritma One Time Pad merupakan algoritma yang dipopulerkan oleh Major Josep Mourgogne pada tahun 1917[7]. Untuk pembacaan Kode OTP (One Time Pad) lebih aman jika sesuai ketentuan pelaksanaan dalam melihat kunci secara acak serta tidak memakai kunci untuk operasi lain. Kode OTP berproses juga dengan enkripsi dan dekripsi yang menjadi keunggulan dalam mengirimkan pesan yang ditampilkan pada media tertentu. Kode OTP merupakan sebuah metode keamanan yang cukup akurat dan memakai hashing dalam enkripsi dan kompresinya sehingga memberikan keamanan melalui SMS (*Short Message Service*) [4]. Sendiri merupakan password sekali pakai untuk masuk ke dalam sebuah sistem, password yang sama tidak dapat digunakan untuk kedua kalinya [15].

Oleh sebab itu dikembangkanlah sistem keamanan yang bersifat elektronik menggunakan input dari kartu RFID dan Keypad Matrix. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai sistem pengendali rangkaian, dan input dari rangkaian ini menggunakan RFID sebagai akses untuk menginisialisasi pemilik rumah, lalu SIM 900A sebagai modul pengirim kode OTP melalui SMS yang diterima oleh nomor handphone pemilik rumah [6]. Setelah itu akan di input ke Keypad Matrix untuk memproses sistem keamanan rumah dan membuka Solenoid Door Lock [9]. Tujuan dibuatnya alat ini yaitu untuk meminimalisir tingkat kejahatan khususnya dalam hal pembobolan di lingkup rumah sebagai system keamanan yang lebih efektif [8]. Pemilihan SIM 900A pada penelitian ini untuk memperkuat sistem keaman pada door lock untuk mengurangi pembobolan pada rumah, dikarenakan ketika ingin membuka kunci tersebut kita harus memasukan kode OTP yang dikirim secara acak melalui sms kepada nomer yang telah terdaftar. Dibandingkan jika hanya menggunakan password angka sangar mudah terbuka dengan cara mengacak angka hingga sesuai password yang telah di set hingga Solenoid Door Lock

2. METODE PENELITIAN

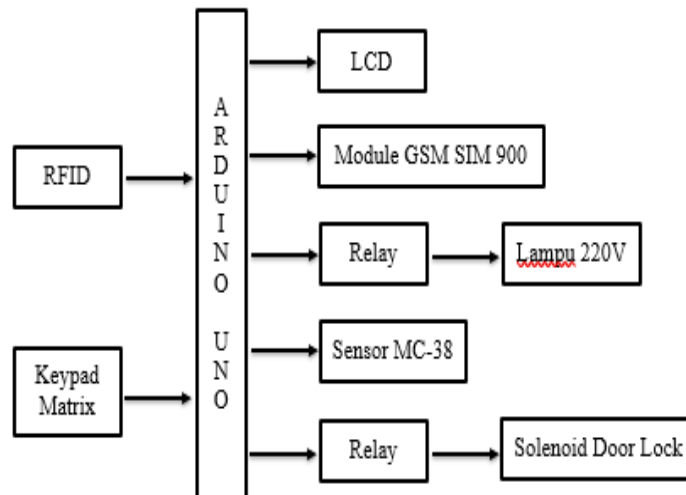
Metodologi penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan dalam melaksanakan penelitian, Alur metodologi penyelesaian penelitian ini dapat digambarkan dalam flow chart gambar 1:



Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

2.1. Diagram Sistem

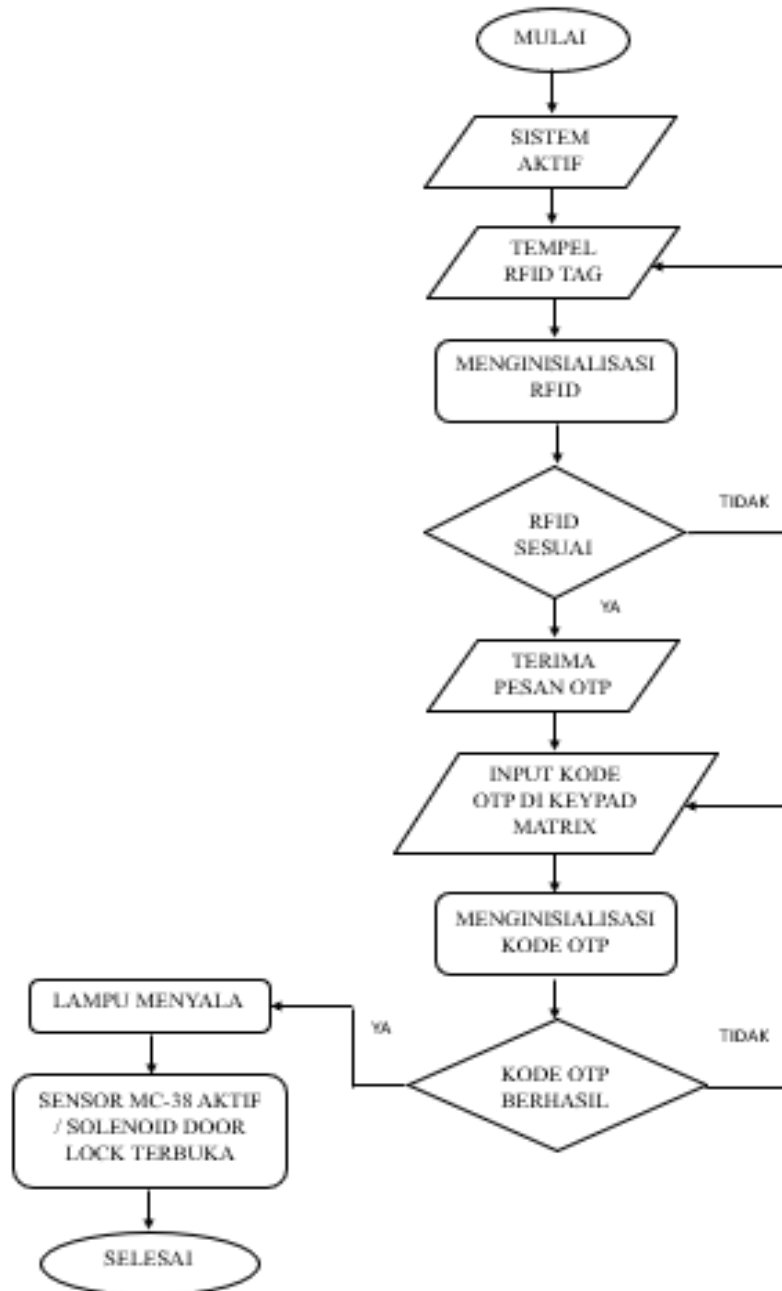
Pada tahap ini penulis merancang proses pembuatan sistem keamanan dalam bentuk blok diagram. Pada gambar 2 menjelaskan tentang input, proses, dan output. Input sistem terdiri dari *Radio Frequency Identification* (RFID) dan keypad matrix. Sistem pemrosesan data dikontrol menggunakan Arduino Uno. Berbagai macam output sistem ini terdiri dari LCD, relay, solenoid door lock, lampu dan modul GSM SIM 900.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

2.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem keamanan rumah yang dibangun dalam penelitian ini memakai 2 (dua) tahapan yaitu perancangan sistem menggunakan RFID dan keypad matrix. Dimulai dengan menempelkan RFID tag ke RFID reader untuk menginisiasi RFID tersebut sesuai atau tidak, apabila RFID tersebut tidak sesuai maka LCD akan menampilkan perintah untuk kembali menempelkan RFID tag yang sesuai[14]. Setelah menempelkan Kembali RFID tag yang sesuai, Arduino sebagai mikrokontroler akan memerintahkan modul SIM 900A untuk mengirim kode OTP melalui sms ke nomer tujuan, setelah itu pengguna menginput kode OTP yang telah diterima di keypad matrix untuk menginisiasi kode OTP sesuai atau tidak, apabila tidak sesuai maka LCD akan menampilkan perintah untuk kembali menginput kode OTP yang sesuai[5]. Setelah menginput kode OTP yang sesuai lampu ruang tamu akan menyala sebagai indikator bahwa solenoid door lock telah terbuka. Perancangan sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Flowchart Perancangan Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian alat ini dilakukan beberapa pengujian baik dari system software dan hardware tujuan dari pengujian ini agar hasil yang didapat dapat dianalisa. Berikut pengujian pada bagian bagian diantaranya :
Software :

- a. Arduino IDE untuk membuat program mikrokontroller.
- b. SMS (*Short Message Service*)

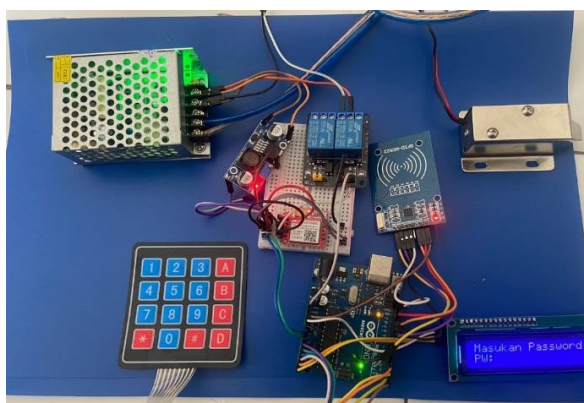
Hardware :

- a. Arduino UNO
- b. RFID Tag
- c. RFID Reader
- d. Sim 900 A
- e. Keypad Matrix 4x4
- f. Sensor MC-38
- g. Solenoid Door Lock 12V
- h. LCD 16x2

3.1 Pengujian *Software* Mikrokontroller

Pengujian software mikrokontroller diperoleh dari hasil pengujian alat dengan beberapa kartu RFID dan kode acak dengan *one time pad*. Berikut ini adalah beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu:

- 3.1.1. Pengujian pertama yaitu apakah penginputan RFID tag yang sudah didaftarkan dapat terinisialisai oleh sensor sensor RFID reader.



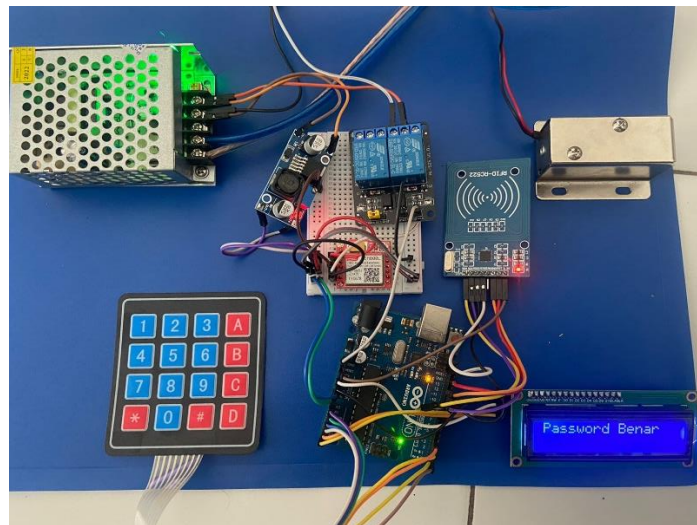
Gambar 4. Tap RFID Tag Berhasil

Gambar 4. adalah tampilan ketika RFID tag yang berhasil di input. Pada tahap ini, Arduino mengirimkan kode OTP melalui SMS pada nomor tujuan yang telah didaftarkan. Selanjutnya sistem akan menampilkan "Masukan Pasword PW:" yang tertera di layar LCD.



Gambar 5. Pesan kode OTP

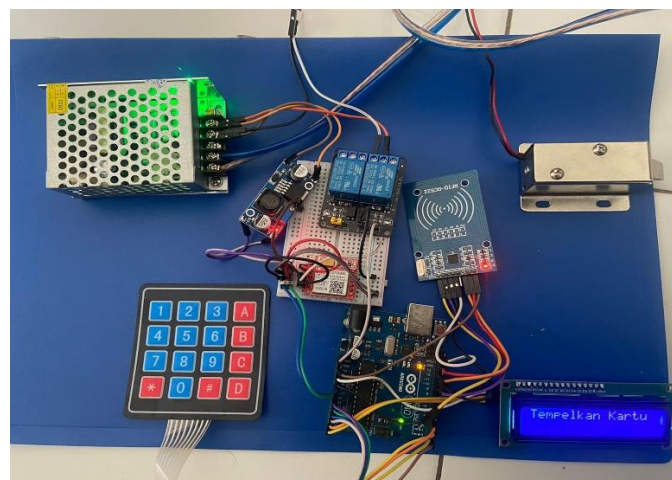
Gambar 5. merupakan tampilan untuk menginputkan kode OTP yang dikirim melalui SMS pada nomor tujuan. Kode OTP yang dikirimkan hanya 5 digit Angka.



Gambar 6. Tampilan LCD Kunci Terbuka

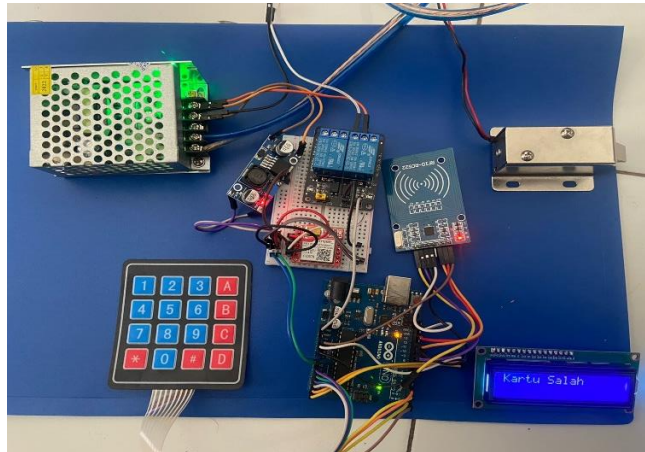
Pada pengujian pertama yang telah diuji coba diperoleh bahwa RFID tag berhasil diinisialisasi dengan baik, karena jika RFID tag sesuai maka pintu mengarahkan pada kode acak. Dapat dilihat pada Gambar 6, Penginputan kode OTP melalui SMS ke nomor tujuan pada pengujian ini juga berhasil dan pintu terbuka,.

3.1.2. Pengujian kedua yaitu apakah penginputan RFID tag yang belum didaftarkan dapat terinisialisasi oleh sensor sensor RFID reader.



Gambar 7. LCD Menunjukkan Tempelkan RFID Tag

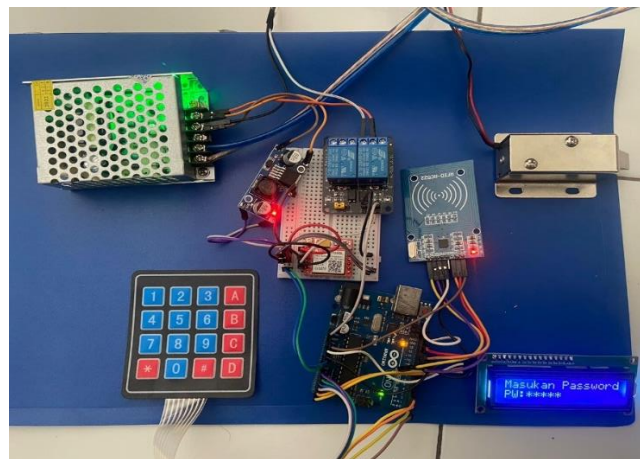
Gambar 7. merupakan tampilan awal dan akses utama membuka pintu pada rangkaian sistem keamanan rumah. Untuk mengetahui RFID Tag yang tidak sesuai maka penulis menggunakan salah satu RFID Tag yang belum didaftarkan. Jika RFID Tag tidak terdaftar atau error maka sistem menginisialisasi dan memproses yang kemudian menampilkan output "Kartu Salah" yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Inisialisasi RFID Tag Tidak Sesuai

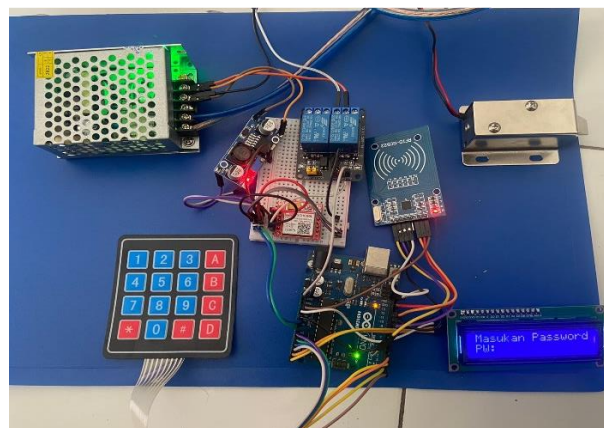
Pada pengujian kedua yang telah diuji coba diperoleh bahwa ketika penginisialisasi RFID Tag tidak cocok maka LCD menampilkan pesan “Kartu Salah”. Setelah penginisialisasian LCD akan kembali ke tampilan awal serta solenoid door lock dan sensor magnet MC-38 tetap terkunci.

3.1.3. Pengujian ketiga yaitu apakah penginputan kode OTP yang tidak sesuai dapat terinisialisai oleh sistem.



Gambar 9. Penginputan Kode OTP tidak sesuai SMS

Gambar 9 adalah tampilan hasil input kode OTP yang tidak sesuai dari pesan SMS yang telah dikirimkan.



Gambar 10. Penginputan Kode OTP Salah

Gambar 9. merupakan hasil proses ketika kode OTP salah di input. Jika kode OTP di input tidak sesuai, maka sistem akan kembali pada perintah isi kode OTP kembali yang ditunjukkan gambar 10. Pada pengujian ketiga yang telah diuji coba diperoleh bahwa, ketika penginputan kode OTP tidak sesuai maka tetap akan muncul pesan dan proses akan kembali pada tampilan “Masukan Password PW: ”. Pada tahap penginputan keypad matrix jika password salah maka solenoid *door lock* dan sensor magnet MC-38 akan tetap terkunci. Pengamanan ini dapat dikatakan aman karena kode acak yang dikirim hanya satu kali proses dan kode OTP yang diproses hanya untuk satu kali digunakan.

Tabel 1. Percobaan Pengujian Software

No.	Sistem Pengujian	Keterangan Hasil
1.	Bagaimana sistem pengujian RFID tag yang terdaftar dan kode OTP yang sesuai?	Sebelumnya dapat di pastikan pemakaian RFID tag sudah terdaftar dan dapat di inialisasi dengan baik, maka sistem akan di arahkan ke pengiriman kode OTP secara otomatis ke nomer pengguna. Selanjutnya kode OTP akan di input ke keypad matrix untuk dapat membuka pintu. Jika penginputan kode OTP berhasil, maka solenoid door lock dan sensor Magnet MC-38 akan terbuka.
2.	Bagaimana sistem pengujian RFID tag yang salah?	Untuk pengujian RFID tag yang salah penulis menguji dengan RFID tag yang belum terdaftar sebelumnya. Jika RFID tag tidak dapat terinisialisasi, maka solenoid door lock dan sensor Magnet MC-38 akan tetap terkunci. Dari RFID tag yang tidak sesuai maka sistem akan menampilkan output “Kartu Salah” dan kembali pada tampilan awal.
3.	Bagaimana sistem pengujian ketika kode OTP tidak sesuai?	Untuk menuju pada pengujian kode OTP, penulis terlebih dahulu menguji inialisasi RFID tag. Jika RFID tag sesuai maka sistem akan mengirimkan kode OTP melalui pesan SMS. Kemudian kode OTP yang diterima akan di input lewat keypad matrix. Jika dalam penginputan kode OTP salah, maka tetap akan muncul pesan dan proses akan kembali pada tampilan “Masukan Password PW:” serta solenoid door lock dan sensor Magnet MC-38 akan tetap terkunci.

4. KESIMPULAN

Dari semua perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem keamanan rumah menggunakan RFID dan Keypad Matrix dengan One Time Pad, baik yang dilakukan dengan pertahap ataupun yang dilakukan dengan cara pengujian *software* sistem dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Mikrokontroler dengan tipe Arduino UNO banyak dipakai oleh beberapa keamanan seperti keamanan ruangan maupun keamanan rumah karena memiliki kecepatan dalam mengeksekusi program.
2. Sistem keamanan yang menggunakan komponen SIM GSM900A hanya dapat mengirimkan pesan ke nomor telepon pengguna yang telah terprogram dikarenakan lebih panyak orang yang menggunakan SIM card GSM dibanding SIM card CDMA .
3. Dengan menggunakan RFID card maka pemilik merasa aman dikarenakan hanya RFID card pemilik saja yang telah terdaftar dan juga nomor pengguna saja yang dapat menerima sms kode OTP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pasmah, R., Lubis, A. J., & Usman, A. (2021). Prototipe Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Finger Print dan Keypad Matrix dengan One Time Pad. *Explorer*, 1(2), 53-62.
- [2] Hadinegoro, R. (2018). PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS SIDIK JARI. *LENSA*, 3(46), 49-56.
- [3] Siswanto, E., & Nasrudin, N. (2018). Perancangan Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Rfid Pada E-KTP Di Balai Desa Sukorejo. *E-Bisnis: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, 11(2), 45-55.
- [4] D. R. I. M. Setiadi, E. H. Rachmawanto, and C. A. Sari, "KOMBINASI ALGORITMA ONE TIME PAD DAN CHAOTIC SEQUENCE DALAM OPTIMASI ENKRIPSI GAMBAR," vol. 8, no. 2, pp. 483–488, 2017.
- [5] Musliyana, Z., Arif, T. Y., & Munadi, R. (2016). Peningkatan Sistem Keamanan Otentikasi Single Sign On (SSO) Menggunakan Algoritma AES dan One-Time Password Studi Kasus: SSO Universitas Ubudiyah Indonesia. *Rekayasa ElektriKa*, 21-29..
- [6] Permana, A., Surapati, A., & Santosa, H. (2022). PENERAPAN TEKNOLOGI RFID, GSM DAN GPS PADA PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR. *Jurnal Teknologi*, 14(1), 19-26
- [7] Harahap, M. K. (2017). Analisis Algoritma One Time Pad Dengan Algoritma Cipher Transposisi Sebagai Pengamanan Pesan Teks.
- [8] Syahputra, D. C., Kusumastutie, D. A. W., & Kurniadi, H. (2022). Home Door Security System Using Voice Recognition and Keypad Matrix Module. *JTECS: Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem dan Komputer*, 2(1), 29-36.
- [9] Nurlana, M. E. (2019). Pembuatan Power Supply dengan Tegangan Keluaran Variabel Menggunakan Keypad Berbasis Arduino Uno. *Edu ElektriKa Journal*, 8(2), 53-59.
- [10] Wijaya, F. H. (2021). IoT Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan E-KTP sebagai RFID Tag dan Kontrol Android Berbasis Mikrokontroler (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- [11] Singgeta, R. L., & Manembu, P. (2018). Sistem Pengamanan Pintu Rumah Dengan RFID Berbasis Wireless ESP8266.
- [12] Maryono. 2005. Dasar-dasar *Radio Frequency Identification* (RFID) Teknologi Yang Berpengaruh di Perpustakaan. *Media Informasi*. Vol. XIV No.20.
- [13] Eko B. S, & Bobi. K. 2015. Perancangan Sistem Absensi Kehadiran Perkuliahan dengan Menggunakan *Radio Frequency Identification* (RFID), *Jurnal CoreIT*, Vol.1, No.2.
- [14] Pradana, V., & Wiharto, H. L. (2020). Rancang Bangun Smart Locker Menggunakan Rfid Berbasis Arduino Uno. *Jurnal EL Sains P-ISSN*, 2527, 6336.
- [15] Wijaya, C. H., Hendrawan, A. H., KP, A. E., & Goeritno, A. (2017). Implementasi Sistem One-Time Password (OTP) Sebagai Key Pengerak Kunci Pintu berbantuan Arduino Uno. *Prosiding SENIATI*, 3(1), A7-1.

Sistem Monitoring dan Controlling Cairan Infus Berbasis Website

Website-Based Monitoring and Controlling System for Infusion fluids

Sri Anggraeni Kadiran¹, Eko Supriyanto², Muhammad Yusuf Maghribi³

^{1,2,3}Prodi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang
Jl Prof Sudarto, Tembalang, 50275 Semarang, Indonesia

Informasi Makalah

Diajukan : 26 Mei 2023
Diterima : 7 Juni 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Monitoring,
cairan infus,
website,
IoT

Keyword:

Monotoring,
infusion fluids,
website,
IoT

INTISARI

Saat ini bidang kesehatan memerlukan informasi yang cepat, tepat, dan akurat. Dalam hal ini peranan internet menjadi sangat penting. Misalnya pada pendaftaran pasien hampir seluruhnya memakai sistem pendaftaran online atau berbasis internet. Pada saat ini pekerjaan mengontrol infus tiap pasien di rumah sakit, dilakukan secara manual, dengan melihat langsung pada cairan infus. Cara ini tidak efisien, sehingga sering terjadi cairan infus sudah habis, tetapi belum juga diganti. Penelitian ini akan membuat sistem monitoring cairan infus dengan metode *internet of things*, sehingga sistem dapat memantau kondisi cairan infus terus menerus dari ruang perawat. Dengan demikian, proses pemantauan infus lebih terjamin dan pergantian infus tertangani lebih cepat. Hasil pengujian blackbox testing menunjukkan hasil yang baik dan sesuai dengan fungsionalitas yang dirancang. Hasil pengujian load time dengan bandwidth 19,23 Mbps dalam waktu 1,00 detik. Sedangkan dengan bandwidth 14,50 Mbps dalam waktu 1,75 detik. Hasil rata-rata delay pengiriman data dari alat ke database yang di dapatkan dari setiap tetesan adalah 68,38 detik.

ABSTRACT

In health at this time, needed information that fast, precise, and accurate. Therefore the role of internet is very important. For example in the patient registration, almost all use online or internet-based. At this time, controlling the infusion of each patient in the hospital, is still done manually, by looking directly at the infusion fluids. This methode is not efficient, so it often happens that the fluids has run out, but has not been replced. This research will create an infusion fluids monitoring and controlling system, using an internet of things method. So that the system can monitor the condition of infusion fluids continuesly from nurse's room. So that the infusion monitoring process is more secure and the infusion change is handled more quickly. The result of the blackbox testing shows good results and is in accordance with the designed functionality. The load time test results with a bandwidth of 19.23 Mbps are 1.00 seconds. and a bandwidth of 14.50 Mbps are 1,75 seconds. The results of the average delay in sending data from the device to the database obtained from each drop is 68.38 seconds.

Korespondensi Penulis:

Sri Anggraeni Kadiran
Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Semarang
Jl Prof Sudharto, Tembalang, Semarang
Email : rinikadiran67@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Saat ini bidang kesehatan memerlukan informasi yang cepat, tepat, dan akurat. Upaya yang dilakukan untuk perkembangan teknologi di bidang kesehatan baik di bagian pelayanan maupun pengobatan yang dilakukan secara langsung di rumah sakit atau tempat kesehatan yang lain sekarang terus mengalami perkembangan. Pada saat ini di jaman era digitalisasi pemakaian internet merupakan suatu hal wajib ada di dunia kesehatan, contoh saja di bidang pelayanan untuk pendaftaran pasien hampir seluruh memakai sistem informasi pendaftaran online atau berbasis internet.

Untuk tenaga medis atau perawat di rumah sakit, perawat memiliki tugas utama untuk selalu memantau dan mengontrol keadaan dari setiap pasien. Dalam hal ini, hal terpenting pada pasien selain minum obat yaitu cairan pada infus setiap pasien yang terpasang sebagai pengganti cairan tubuh dan mengkompensasi beberapa jumlah elektrolit yang masuk di dalam tubuh. Pada saat ini pekerjaan mengontrol infus tiap pasien di rumah sakit, dilakukan secara manual, dengan melihat langsung cairan infus setiap pasien. Tentu saja pekerjaan ini tidak dapat dilakukan terus menerus oleh seorang perawat, karena tugas mereka yang lain masih banyak. Terbatasnya kemampuan perawat dalam menjalankan tugas, bisa menyebabkan keterlambatan penggantian infus pasien.

Untuk membantu tugas perawat, tim peneliti membuat sistem yang mampu memantau dan mengontrol cairan infus dan secara otomatis mengirim data volume cairan ke ruang perawat jaga dan nembunyikan buzzer jika cairan infus hampir habis, sehingga keterlambatan penggantian cairan infus dapat dicegah. Sistem ini memakai teknologi yang sekarang banyak sekali diminati di berbagai bidang pendidikan, usaha, rumah sakit atau yang lain yaitu menggunakan teknik *internet of things (IoT)*. Teknik ini merupakan sebuah konsep untuk memudahkan manusia berkomunikasi dengan benda-benda disekelilingnya, melalui gelombang radio atau jaringan internet, yang tersambung secara terus menerus. Dengan demikian data dari sensor akan dapat dipantau setiap saat secara *real time*. Pada bidang industry IoT telah berhasil digunakan untuk memonitor produksi setiap mesin yang tersebar di berbagai daerah, sehingga supervisor dapat mengendalikan produksi dari jarak jauh. Di bidang transportasi, IoT telah berhasil digunakan untuk memantau posisi dan kondisi kendaraan dari jarak jauh. Di bidang distribusi, IoT telah berhasil digunakan oleh supervisor untuk memantau perkembangan distribusi barang dan volumenya.

Penelitian ini mengambil referensi dari beberapa penelitian yang telah dilakukan. Antara lain penelitian [1] menyatakan bahwa sensor photo dioda bisa digunakan untuk memonitor suatu cairan. Penelibase ti lain [2] menjelaskan metoda penggunaan photodiode untuk sensor api.

Berdasarkan kedua peneliti tersebut, tim peneliti menggunakan photo dioda untuk memonitor cairan infus. Peneliti [3], menyatakan bahwa arduino berbasis web dapat digunakan untuk mengirim data monitoring cairan. Dari penelitian [4] diperoleh informasi bahwa nodemcu dapat digunakan untuk memonitor volume cairan, tetapi tidak bisa dilihat dari jarak jauh, hanya membunyikan buzzer tanda cairan infus habis.

Berdasarkan data penelitian tersebut, tim peneliti membuat sistem *monitoring* dan *controlling* menggunakan arduino yang berbasis website dimana arduino digunakan untuk media komunikasi dan ethernet shield sebagai penghubung antara arduino dengan wifi dan potensiometer sebagai sensor ukur volume infus. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP 32 sebagai pengendali sensor photodiode dan servo serta menyimpan data sementara dari cairan infus. Data dan gambar dari photodiode kemudian dikirim ke data base infusiot.com, melalui website. Dari data base infusiot.com, data cairan infus dikirim ke layar di ruang jaga perawat. Perawat bisa langsung melihat data volume cairan infus melalui layar yang berada di ruang perawat. Dengan demikian perawat setiap saat dapat mengetahui volume cairan infus secara *real time*. Jika cairan infus habis, mikrokontroler memerintahkan servo untuk menngerakkan buzzer dan buzzer berbunyi menandakan habisnya cairan infus. Dengan sistem monitoring dan controlling cairan infus berbasis website ini perawat tidak harus mangawasi kondisi infus di ruang pasien secara terus menerus, tetapi cukup diruang perawat jaga, dan jika ada buzzer berbunyi, barulah perawat ke ruang pasien untuk mengganti cairan infus. Dengan sistem ini, cairan infus dapat dimonitor secara terus menerus dan *real time* sehingga meringankan pekerjaan perawat dan penggantian cairan infus menjadi lebih cepat dan tepat waktu dan keterlambatan penggantian cairan infus dapat dicegah.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi permasalahan disertai studi pustaka, perancangan sistem, pembuatan dan pengujian sistem.

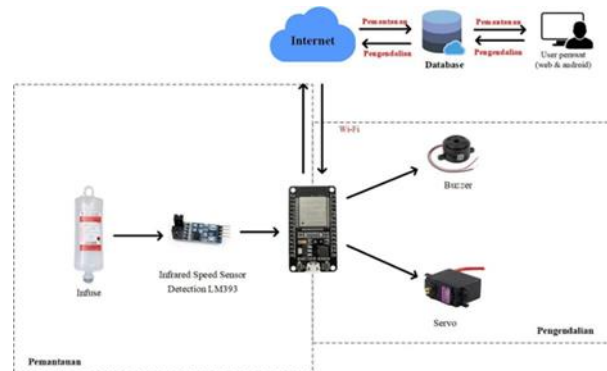
2.1. Identifikasi

Dari identifikasi dan studi pustaka yang dilakukan, diperoleh data bahwa penelitian sistem monitoring dan *controlling* cairan infus berbasis website ini memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut ini adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem. Perangkat keras meliputi, laptop, infus set, mikrokontroler ESP32, sensor photodiode, servo dan buzzer. Sedangkan perangkat lunak meliputi Xampp, visual studio code, internet, web *browser* dan MySQL. Dari identifikasi ini harus dipelajari prinsip kerja infus [5], program arduino untuk pemrograman mikrokontroler ESP 32[6], prinsipkerja photodiode prinsip kerja

servo dan buzzer [7]. Selain itu harus juga dipelajari dan dipahami bagaimana membuat program Xampp [8], visual studio dan web browser serta My SQL [9].

2.2. Perancangan Sistem

Sistem ini akan memonitor dan mengontrol cairan infus dan terpasang pada alat infus. Sistem ini terintegrasi dengan jaringan infusiot.com. Perancangan sistem ditunjukkan gambar 1.

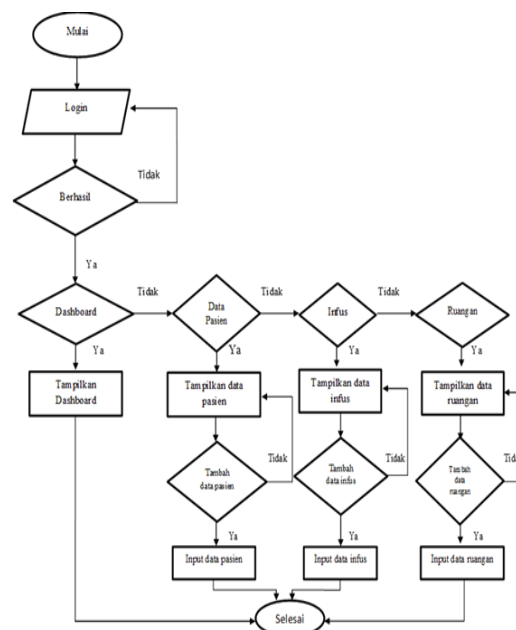


Gambar 1. Perancangan Alat dan Website

Database server infusiot.com akan menampung dan mengolah data dari sistem untuk menampilkan data dari alat infus yang mengirim data. Data yang telah diperoleh dari sebuah sistem dikirim melalui internet wifi, kemudian terhubung melalui sistem komunikasi sebuah PC, kemudian data yang masuk ke database server dilanjutkan untuk diolah dan ditampilkan pada suatu antarmuka kepada user.

2.3. Diagram Alur Sistem Website

Sistem pemantauan infus bekerja secara *real time* dengan menggunakan website sehingga pengguna yang sudah mengetahui website yang digunakan dapat memantau infus secara *real time*. Pembuatan alur sistem web site mengacu pada [10]. Cara kerja sistem website ini yaitu ketika pengguna mulai terhubung dengan jaringan internet dan membuka website INFUSIN, maka sistem akan menghubungkan ke database. Setelah pengguna akan masuk ke halaman utama pada website untuk memilih menu seperti data pasien, data perawat, stock infus, dan pergantian infus yang telah dilakukan. Apabila pengguna yang dimaksud adalah perawat memilih menu pemantauan pada data pasien akan ditampilkan informasi mengenai data pasien pada ruangan yang telah di masukan yang dapat diketahui secara real time. Gambar 2 merupakan alur sistem pada website.



Gambar 2 Flowchart sistem website

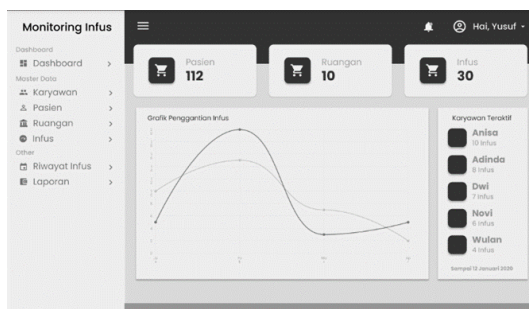
Rancangan halaman login pada web digunakan untuk memvalidasi data pengguna yang sudah terdaftar sebelum masuk ke dalam halaman utama agar keamanan pada web INFUSIN tetap terjaga dari pengguna yang berusaha untuk menyalahgunakan perangkat yang dapat di kontrol dari website. Gambar 3 menunjukkan rancangan halaman login website.

Halaman login dengan judul "Login". Terdapat form input "Email" dan "Password". Di samping form "Password" terdapat tautan "Forgot Password?". Terdapat juga kotak centang "Remember Me" dan tombol "Login" di bagian bawah.

Gambar 3 Rancangan Halaman Login Website

2.4. Rancangan Dashboard pada Website INFUSIN

Rancangan halaman dashboard pada web digunakan untuk menampilkan penjelasan singkat tentang sistem alat dan website INFUSIN. Halaman dashboard ini harus singkat, jelas dan komunikatif, sehingga memudahkan orang awam menggunakan sistem ini.



Gambar 4 Rancangan Halaman Dashboard Website

2.5. Rancangan Monitoring Data Perawat, Pasien, Ruang Dan Infus

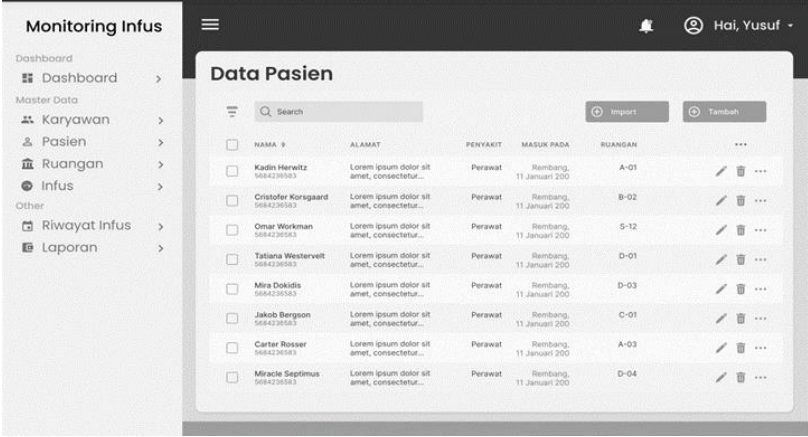
Rancangan halaman monitoring data perawat, pasien, ruangan dan infus pada web digunakan untuk menampilkan grafik dan tabel data secara *realtime* dan *update* setiap satu bulan. Halaman monitoring data perawat, pasien, ruangan dan infus pada web dibagi menjadi beberapa bagian. Pada bagian infus terdapat penjelasan untuk kadaluwarsa pada infus, pada bagian data perawat harus memasukan data perawat pada rumah sakit terkait dimana data tersebut untuk memvalidasi data ketika perawat rumah sakit akan mengakses website. Untuk data pasien bertujuan untuk mengetahui data pada pasien dimana pasien tersebut mulai masuk di rumah sakit. Gaambar 5 menunjukkan rancangan data pasien

Halaman monitoring data dengan judul "Monitoring Infus" dan sub-judul "Data Karyawan". Terdapat sidebar menu di sebelah kiri. Bagian atas memiliki bar pencarian dan tombol "Input" dan "Tambah".

NAMA	ALAMAT	POSISI	TTL	PENDIDIKAN	
Kadin Herwitz	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	D3	
Cristofer Kirsgaard	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	S1	
Omar Workman	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	S2	
Tatiana Westarvelt	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	D4	
Mira Dokids	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	D3	
Jakob Bergson	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	S1	
Carter Rasser	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	S3	
Miracle Septimus	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	Rembang, 11 Januari 200	D4	

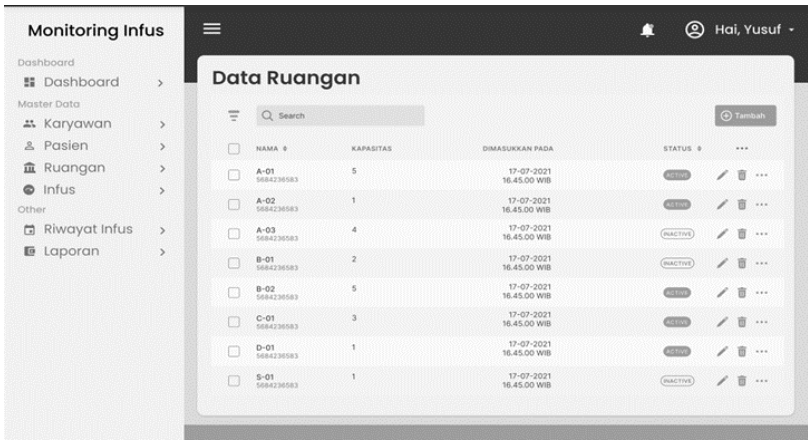
Gambar 5 Rancangan Data Pasien

Berdasarkan data penelitian tersebut, tim peneliti membuat sistem monitoring dan kontroling menggunakan arduino yang berbasis website dimana arduino digunakan untuk media komunikasin dan ethernet shield sebagai penghubung antara arduino dengan wifi dan potensiometer sebagai sensor ukur volume infus. Gambar 6 menunjukkan rancangan monitoring data perawat. Gambar 7 menunjukan Rancangan Monitoring Data Ruangn Dan Infus. Gambar 8 menunjukkan monitoring data perawat, pasien, ruangan dan infus.



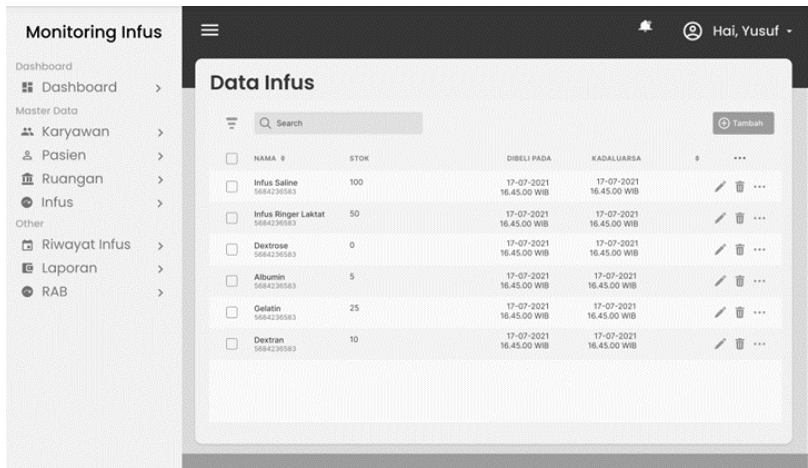
NAMA	ALAMAT	PEKERJAAN	MASUK PADA	RUANGAN	
Kadin Herwitz	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	A-01	
Cristofer Korsgaard	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	B-02	
Omar Workman	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	S-12	
Tatiana Westervelt	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	D-01	
Mira Dokidis	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	D-03	
Jakob Bergson	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	C-01	
Carter Rosser	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	A-03	
Miracle Septimus	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur...	Perawat	11 Januari 200	D-04	

Gambar 6 Rancangan Monitoring Data Perawat



NAMA	KAPASITAS	DIMASUKKAN PADA	STATUS	
A-01	5	17-07-2021 16.45.00 WIB	ACTIVE	
A-02	1	17-07-2021 16.45.00 WIB	ACTIVE	
A-03	4	17-07-2021 16.45.00 WIB	INACTIVE	
B-01	2	17-07-2021 16.45.00 WIB	INACTIVE	
B-02	5	17-07-2021 16.45.00 WIB	ACTIVE	
C-01	3	17-07-2021 16.45.00 WIB	ACTIVE	
D-01	1	17-07-2021 16.45.00 WIB	ACTIVE	
S-01	1	17-07-2021 16.45.00 WIB	INACTIVE	

Gambar 7 Rancangan Monitoring Data Ruangn Dan Infus

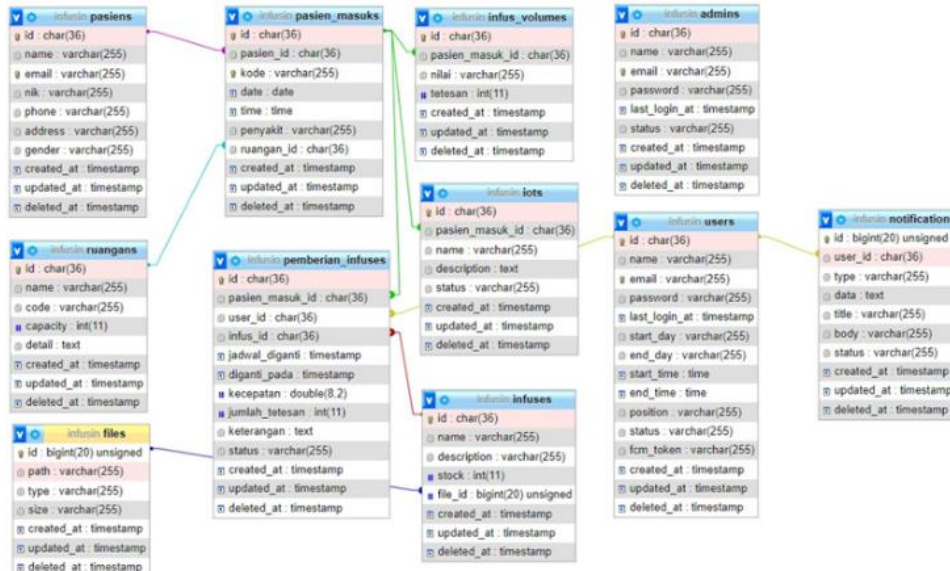


NAMA	STOK	DIBELI PADA	KADALUARSA	
Infus Saline	100	17-07-2021 16.45.00 WIB	17-07-2021 16.45.00 WIB	
Infus Ringer Laktat	50	17-07-2021 16.45.00 WIB	17-07-2021 16.45.00 WIB	
Dextrose	0	17-07-2021 16.45.00 WIB	17-07-2021 16.45.00 WIB	
Albumin	5	17-07-2021 16.45.00 WIB	17-07-2021 16.45.00 WIB	
Gelatin	25	17-07-2021 16.45.00 WIB	17-07-2021 16.45.00 WIB	
Dextran	10	17-07-2021 16.45.00 WIB	17-07-2021 16.45.00 WIB	

Gambar 8 Rancangan Monitoring Data Perawat, Pasien, Ruangn Dan Infus

2.6. Perancangan Sistem menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD)

ERD dapat diartikan seperti menghubungkan tiap field yang terdapat pada kolom suatu tabel database [11]. Sebuah primary key dapat terhubung dengan foreign key. Hubungan antar *field* ini dapat membantu menghubungkan data yang tersimpan tanpa harus menyimpan data secara satu per satu setiap tabel pada database. Gambar 9 menunjukkan diagram ERD



Gambar 9 Diagram ERD

2.7. Pengujian Sistem

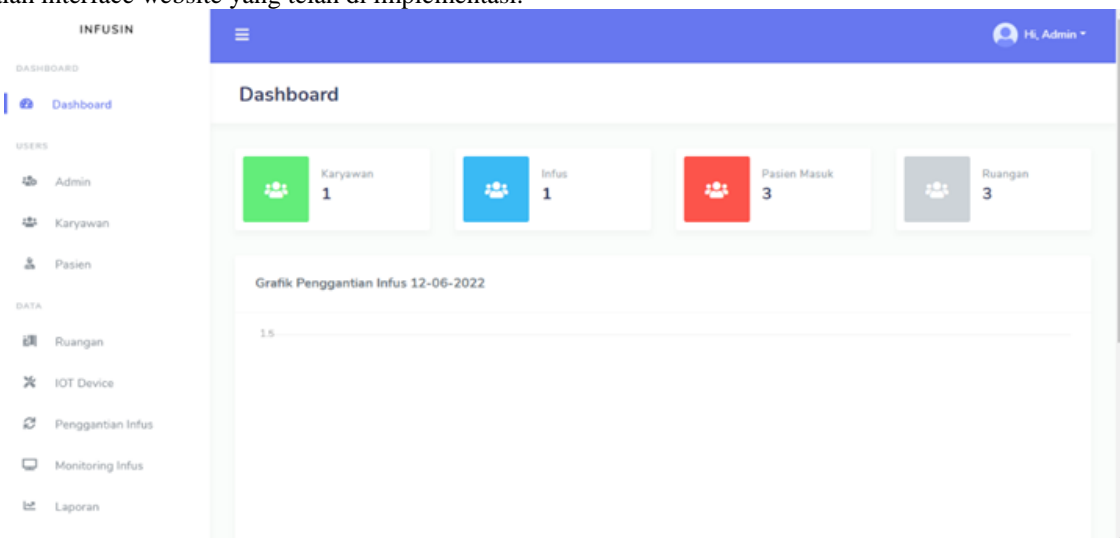
Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui sistem pada website sudah berjalan dengan lancar dan sesuai dengan fungsi masing-masing. Pengujian dilakukan pada sistem monitoring dan controlling cairan infusite. secara otomatis menggunakan arduino dan pengujian penggunaan website. Ada beberapa hal yang dapat dilakukan pada pengujian sistem website.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini meliputi hasil pengujian website dan kontrol cairan infus

3.1 Pengujian Website

Implementasi *interface* atau antarmuka pada tampilan website dilakukan dengan pembuatan *interface* menggunakan pemrograman web berdasarkan pada tahapan perancangan yang telah dibuat. Admin yang mengakses laman website dapat mencari dengan mengetikan URL www.infusiot.com pada browser. Berikut ini adalah *interface* website yang telah di implementasi.

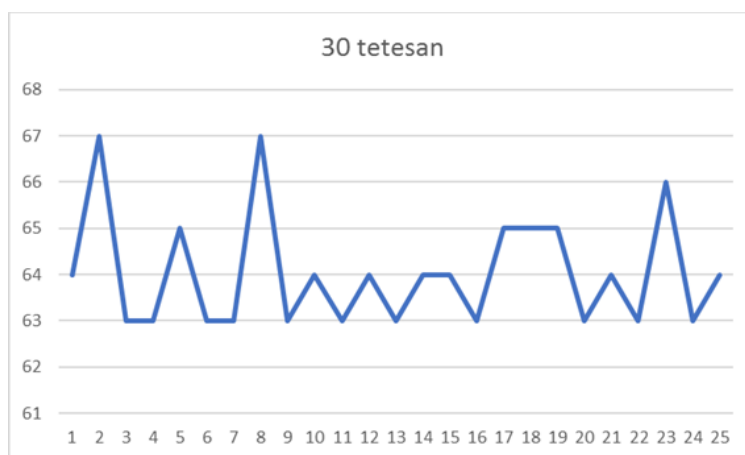


Gambar 10 Halaman Dashboard

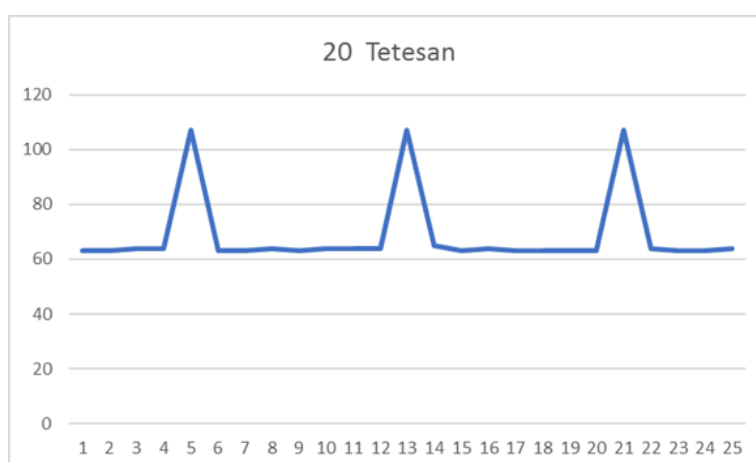
Pengujian *load time* halaman web digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pada saat menampilkan seluruh halaman web di jendela browser setelah pengguna menekan tombol atau button yang tersedia pada halaman web. Hasil dari *Load time* pada website didapatkan dengan melakukan *test speedtest* pada jaringan internet yang sedang digunakan. Pada pengujian kali ini menggunakan dua koneksi internet yang digunakan, koneksi yang pertama adalah Wi-Fi menggunakan Provider Gmedia dan koneksi yang kedua adalah menggunakan data seluler jaringan XL. Hasil yang di dapatkan dari *speedtest* koneksi internet Wi-Fi provider Gmedia mendapatkan hasil *bandwidth* yaitu 19,23 Mbps, sedangkan dari jaringan XL hasil *speedtest* yang di dapatkan adalah 14,50 Mbps. Sistem diuji dengan melakukan *inspect network* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengakses halaman web. Hasil *load time* didapat dari perbandingan waktu yang dibutuhkan dari masing-masing koneksi internet untuk mengakses halaman web. Berikut ini adalah hasil *Speedtest* dari masing-masing koneksi dan hasil pengujian *load time* halaman website.

3.2. Hasil Pengujian Delay

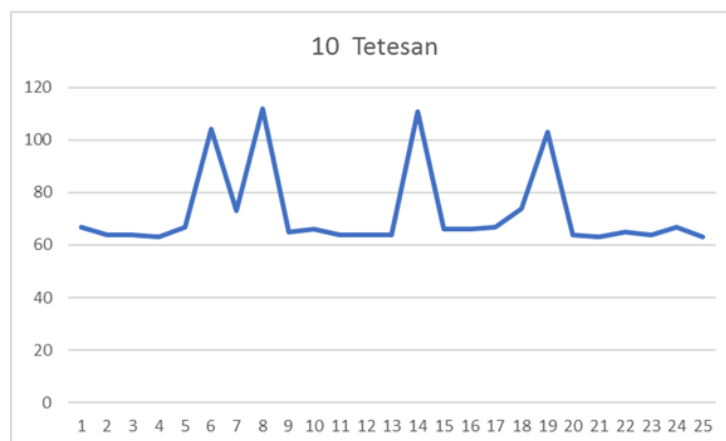
Pengujian delay pada sistem monitoring dan controlling cairan infus berbasis website telah dilakukan pengujian *delay* dari alat ke database dengan pengujian tiap masing-masing tetesan 10, 20, dan 30. Pengujian *delay* ini dilakukan dengan pengujian 25 kali dengan masing-masing tetesan yaitu 30, 20, dan 10 tetesan. Pengujian *delay* ini dilakukan dengan penghitungan manual yaitu mengurangi waktu yang pertama dikurangi dengan waktu yang ke dua, sehingga menghasilkan selisih waktu kemudian di tambahkan dengan semua pengujian dibagi 50, sehingga menghasilkan rata-rata *delay* masing-masing tetesan. Setelah semua rata-rata *delay* diketahui dibagi 3 maka rata-rata *delay* dari ketiga tetesan dapat diketahui. Proses pengiriman data dari alat ke database telah diatur dari pemrograman alat di tambah dengan sesuai koneksi jaringan internet yang digunakan.



Gambar 11 Grafik pengujian *delay* 30 tetesan



Gambar 12 Grafik Pengujian *delay* 20 tetesan



Gambar 13 Grafik Pengujian delay 10 tetesan

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian Sistem monitoring dan Controlling Cairan infus berbasis Website adalah:

1. Sistem monitoring dan controlling cairan infus berbasis website dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.
2. Pengiriman data *controlling* infus dari alat ke database kemudian di tampilkan ke dalam tampilan website mengalami delay pengiriman dengan rata-rata 68,38 detik.
3. Hasil pengujian *load time* dengan *bandwidth* 19,23 Mbps dan 14,50 Mbps hasil *load time* tercepat dengan waktu 1,00 detik dan *bandwidth* yang digunakan adalah 19,23 Mbps dan 1,75 detik dan *bandwidth* yang digunakan adalah 14,50 Mbps.
4. Tampilan monitoring website pengguna dapat mengetahui volume infus dengan melihat grafik dan dapat mengetahui tetesan yang sedang digunakan kepada pasien.
5. Sistem monitoring dan *controlling* cairan infus berbasis website dapat membantu para perawat untuk mengetahui kondisi cairan infus pada pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febrito, P, "Penggunaan sensor inframerah dan photodiode" Medan: Repositori Universitas Sumatera Utara.2021
- [2] Setyaningsih Erni, "Penggunaan sensor photodiode sebagai Deteksi Api, Jurnal Teknik Elektro, vol 9 n0 2, 2017
- [3] Maharani, R. Sistem monitoring dan peringatan pada volume cairan intravena pasien menggunakan arduino" Tanjung Pura: Jurnal Untan.2019
- [4] Nur, F. " sistem monitoring dan peringatan kondisi infus menggunakan nodemcu. Semarang.2019
- [5] Wadianto, & Fihayah, Z. "Simulasi Sensor Tetesan Cairan, pada Infus Konvensional". Jakarta: Poltekkes Tanjung Karang Jurnal Kesehatan.2016
- [6] Sasmoko, D., Yanuar Arif Wicaksono, " Implementasi Penerapan Internet Of Things(Iot)Pada Monitoring Infus Menggunakan Esp 8266 ". Jurnal Ilmiah Informatika, Semarang 2017
- [7] Saefullah, "Prinsip kerja servo dan buzzer" Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2019
- [8] Yoga M P, "Perancangan Prototipe smart home system berbasis IoT" Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,2018
- [9] Syah, A. "Metode Analytical Hierarchy Process". Bandung: Jurnal Informatika Universitas Bina Sarana Informatika 2014
- [10] Fachrozy Aulia, "Basis Data", Universitas Brawijaya, 2019
- [11] Rizki Pratama, "Cara membuat ERD basis data" Universitas Brawijaya, 2019
- [12] Widiawati, S. "Hubungan Supervisi Dan Motivasi Dengan Pemberian Cairan Infus Sesuai Spo". Jambi: Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) Wilayah X.2017
- [13] Handoko Bambang, "Menulis kutipan dengan style IEEE" Bina nusantara, 2020
- [14] Zaini, A. "Perancangan Web R-Comerce UMKM Restoran Baksoaremamenggunakan Framework Laravel". Jakarta:Jurnal Teknologi Terpadu 2019

Analisis Rekonstruksi Jaringan dengan *Upgrade* Jaringan Tegangan Menengah 1 Fasa Menjadi 3 Fasa: Studi Kasus Gardu Induk Jepara Penyulang JP4 Tapping (125/1-42)

Analysis of Network Reconstruction with Medium Voltage Network Upgrade from 1-Fasa to 3-Fasa: A Case Study of Jepara Main Substation JP4 Tapping Feeder (125/1-42)

Zaenal Arifin¹, Ahmad Faidlon², Dias Prihatmoko³

^{1,2,3} Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara
Jl. Taman Siswa, Pekeng, Kauman, Tahunan, Kec. Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59451

Informasi Makalah

Diajukan : 31 Mei 2023
Diterima : 7 Juni 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Gardu
Induk
PLTU
1 Fasa
3 Fasa

Keyword:

Substation
main
Coal-fired Power Plant
Single Fasa
Three Fasa

INTISARI

Penelitian ini menyajikan analisis rekonstruksi jaringan melalui upgrade jaringan tegangan menengah dari 1 fasa menjadi 3 fasa dengan menggunakan metode kualitatif. Studi ini difokuskan pada kasus spesifik yaitu Gardu Induk Jepara Penyulang JP4 Tapping (125/1-42). Tujuan utama dari penelitian adalah mengevaluasi manfaat dan tantangan yang terkait dengan meningkatkan jaringan menjadi sistem 3 fasa. Aspek teknis seperti keseimbangan beban, kualitas daya, dan kestabilan sistem dianalisis secara mendalam. Selain itu, faktor ekonomi seperti biaya peralatan, instalasi, dan pemeliharaan juga dipertimbangkan untuk menilai kelayakan upgrade tersebut. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi jaringan, peningkatan keandalan, dan pengurangan kerugian daya. Studi ini juga menyoroti potensi untuk ekspansi di masa depan dan integrasi yang lebih baik dari sumber energi terbarukan. Penelitian ini memberikan wawasan berharga bagi perusahaan listrik dan operator jaringan yang mempertimbangkan rekonstruksi dan upgrade jaringan serupa.

ABSTRACT

This research presents an analysis of network reconstruction through upgrading the medium voltage network from single-fasa to three-fasa. The study focuses on a specific case, namely the Jepara Main Substation, JP4 Tapping Feeder (125/1-42). The main objective of this research is to evaluate the benefits and challenges associated with upgrading the network to a three-fasa system. Technical aspects such as load balancing, power quality, and system stability are analyzed in depth. Additionally, economic factors such as equipment cost, installation, and maintenance are also considered to assess the feasibility of the upgrade. The research findings indicate a significant improvement in network efficiency, increased reliability, and power loss reduction. The study also highlights the potential for future expansion and better integration of renewable energy sources. This research provides valuable insights for electric companies and network operators considering similar network reconstruction and upgrade projects.

Korespondensi Penulis:

Zaenal Arifin
Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara
Jl. Taman Siswa, Pekeng, Kauman, Tahunan, Kec. Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah
Email : zaenalarifin_elektro@unisnu.ac.id

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan listrik yang handal dan efisien adalah faktor krusial dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan suatu wilayah, dalam rangka menjawab kebutuhan tersebut, pengembangan sistem tenaga listrik menjadi hal yang tak terhindarkan [1]–[3]. Rekonstruksi dan *upgrade* jaringan listrik menjadi solusi yang umum dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi jaringan [3]. Penelitian ini menyajikan analisis rekonstruksi jaringan tegangan menengah dari 1 fasa menjadi 3 fasa [4]. Kasus spesifik yang menjadi objek penelitian adalah Gardu Induk Jepara, khususnya Penyulang JP4 *Tapping* (125/1-42) [5]. Jepara merupakan daerah yang mengalami pertumbuhan pesat dalam beberapa tahun terakhir, sehingga kebutuhan akan pasokan listrik yang andal dan efisien semakin meningkat [6] [7].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi manfaat dan tantangan yang terkait dengan meningkatkan jaringan menjadi sistem 3 fasa [8]. Aspek teknis menjadi fokus utama, termasuk keseimbangan beban antara tiga fasa, kualitas daya yang dihasilkan dan kestabilan sistem secara keseluruhan. Analisis mendalam dilakukan untuk memahami dampak *upgrade* jaringan terhadap aspek-aspek tersebut, tidak hanya aspek teknis yang menjadi perhatian dalam penelitian ini [9]. Faktor ekonomi juga dipertimbangkan secara serius, terutama dalam hal biaya peralatan, instalasi, dan pemeliharaan yang terkait dengan *upgrade* jaringan [10]. Kelayakan dari segi ekonomi menjadi hal yang krusial untuk dipertimbangkan, agar solusi yang diusulkan dapat menjadi pilihan yang realistis bagi perusahaan listrik dan operator jaringan, dari hasil penelitian yang dilakukan, ditemukan bahwa *upgrade* jaringan dari 1 fasa menjadi 3 fasa memberikan peningkatan signifikan dalam efisiensi jaringan [11] [12]. Keseimbangan beban yang lebih baik dapat dicapai, sehingga terjadi optimalisasi penggunaan sumber daya. Selain itu, peningkatan keandalan jaringan juga terjadi, mengurangi risiko terjadinya gangguan dan pemadaman listrik yang merugikan konsumen [13] [14].

Peningkatan sistem ke dalam 3 fasa juga berdampak positif terhadap pengurangan kerugian daya, dengan adanya kualitas daya yang lebih baik, terjadi efisiensi dalam distribusi listrik dan penggunaan energi. Hal ini memberikan manfaat yang signifikan dalam hal penghematan energi dan biaya operasional [15] [16]. Studi ini juga memberikan sorotan terhadap potensi ekspansi di masa depan dan integrasi yang lebih baik dari sumber energi terbarukan, dengan jaringan yang sudah *upgrade*, integrasi energi terbarukan menjadi lebih mungkin dan berkelanjutan [17] [18]. Penelitian ini memberikan wawasan berharga bagi perusahaan listrik dan operator jaringan yang mempertimbangkan rekonstruksi dan *upgrade* jaringan serupa [19].

2. METODE PENELITIAN

Proses ini akan dilakukan setelah data diperoleh dan dianalisa terhadap metode yang ditetapkan. Perancangan ini menggunakan *software* ETAP 12.6.0 Pengumpulan data penelitian ini bersumber dari data dalam pengamatan kumulatif yang terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer ini adalah data yang diperoleh tangan pertama (secara langsung oleh peneliti), sementara data sekunder adalah data yang di dapat dari sumber tangan kedua (PLN) [21].

1. Data Primer

Data primer yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dengan cara melakukan pengamatan langsung ke lapangan dengan melihat dan mencatat konstruksi-konstruksi yang di perlukan untuk melakukan *upgrade* jaringan tegangan menengah 1 fasa menjadi 3 fasa yang menjadi objek pengamatan untuk selanjutnya di analisis terhadap dampak terhadap *drop* Tegangan.

2. Data Sekunder

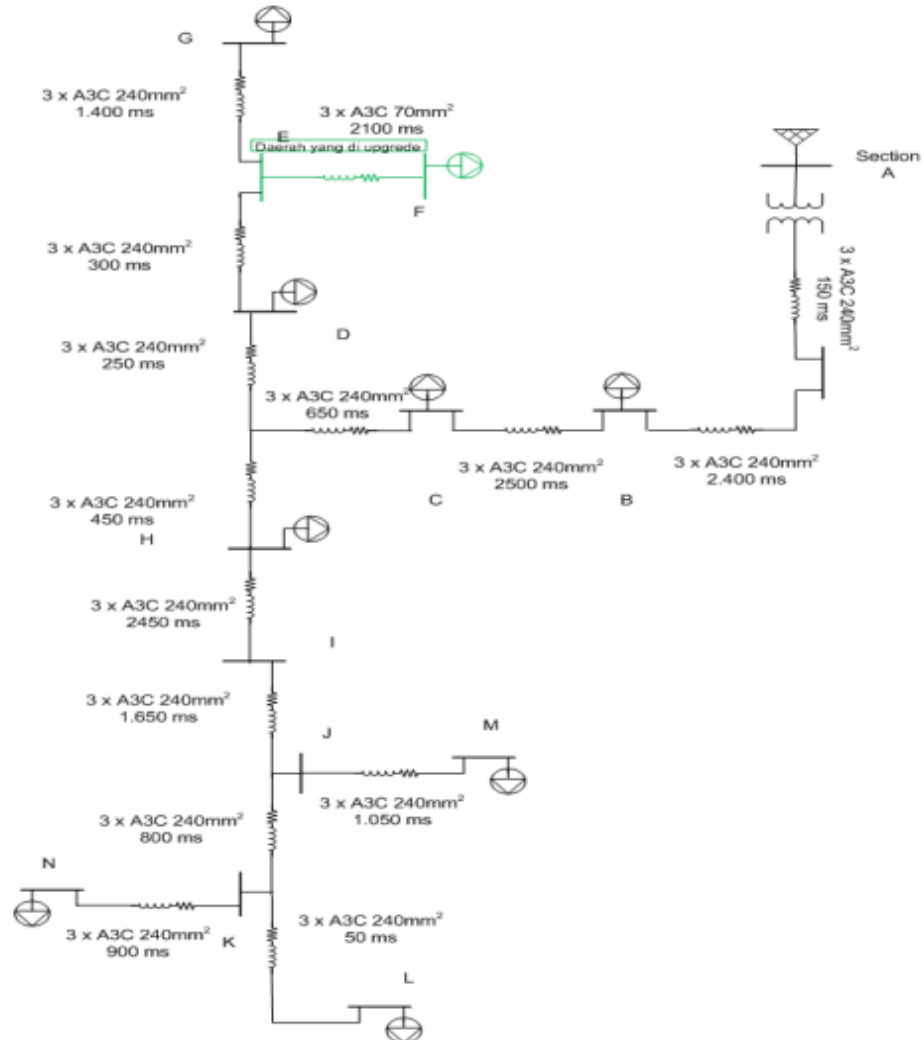
Data sekunder yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dengan cara wawancara kepada beberapa pegawai PLN yang berkaitan dengan data beban jaringan 1 fasa (sebelum *upgrade*), tegangan ujung penyulang JP4, beban penyulang per section, penggunaan jenis kawat penghantar, dan panjang jaringan *per section* [22].

2.1. Gambar dan Tabel

Jalur *single line* diagram penyulang JP4 Jepara adalah representasi visual yang digunakan untuk menggambarkan rangkaian dan komponen jaringan listrik pada penyulang tersebut. Diagram ini memberikan gambaran yang jelas tentang konfigurasi dan hubungan antara peralatan yang terlibat dalam penyediaan pasokan listrik ke area yang dilayani oleh penyulang tersebut [23].

Pada diagram ini, jalur distribusi listrik dari gardu induk ke titik beban ditampilkan dengan menggunakan simbol-simbol yang mewakili *transformator*, pemutus sirkuit, pengukur, dan peralatan pendukung lainnya. Diagram ini memberikan informasi tentang susunan dan tipe peralatan yang digunakan dalam penyulang JP4 Jepara, termasuk gardu induk, transformator distribusi, pemutus sirkuit, pengukur arus dan tegangan, serta jaringan kabel yang menghubungkan komponen-komponen tersebut [24] [25]–[27].

Melalui jalur *single line* diagram penyulang JP4 Jepara, dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana penyulang ini berfungsi dan terhubung dalam sistem tenaga listrik yang lebih besar. Diagram ini membantu para ahli dan praktisi dalam mengidentifikasi titik-titik kritis dalam jaringan, menganalisis aliran daya, dan merencanakan perbaikan atau perluasan yang diperlukan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi jaringan [11]. *Singel Line* wiring diagram JP4 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Singel Line* Wiring Diagram JP4.

Gambar 1. menunjukkan jalur *single line* diagram penyulang JP4 yang dibagi menjadi 10 *section*, dimana penelitian ini dilakukan pada *section* E-F yang ditunjukkan dengan warna hijau pada gambar 1. Pada saat sebelum dilakukan *upgrade* jaringan tegangan menengah 1 fasa menjadi 3 fasa ini terdapat 18 trafo yang menyokong jalur *tapping* 125/1- 42 dengan beban mencapai 90,62 Ampere dan panjang jaringannya 2,1 KM [8].

Tabel 1 data beban 1 fasa sebelum *upgrade*.

No	Tiang	Daya (KVA)	XI (A)	X2 (A)
1	125/3	50	54.2	38.9
2	125/4	50	82.2	52.5
3	125/11	50	68.8	47.1
4	125/15	50	69.9	54.1
5	125/17	50	57.2	34.6
6	125/19	50	55.6	43.4
7	125/25	50	107.6	71.4
8	125/25	50	49.8	37.9
9	125/29	50	60.8	56.8
10	125/31	50	41.3	37.9
11	125/32	50	46.2	32.1
12	125/34	50	50.6	43.7
13	125/36	50	43.7	36.5
14	125/37	50	47.4	37.9
15	125/39	50	76.3	65.2
16	125/40	50	44.3	37.1
17	125/42	50	54.1	39.6
18	125/43	50	66.9	59.6
Jumlah			1076.3	822.9
Arus Total			1899.2	

Data beban 1 fasa sebelum *upgrade* ini memberikan informasi mengenai beban yang ditangani oleh setiap trafo dalam jaringan. Data ini penting untuk menganalisis kebutuhan dan kapasitas jaringan, serta untuk melakukan perencanaan *upgrade* yang tepat guna dalam rangka meningkatkan jaringan menjadi sistem 3 fasa.

2.2. Rumus

Daya [20] [28] [29]semu adalah daya yang dihasilkan dari hasil kali antara tegangan dan arus yang melalui jaringan.

Untuk 1 fasa; ditunjukkan persamaan (1)

$$S = V_{L-N} \times I \quad (1)$$

Untuk 3 fasa; ditunjukkan persamaan (2)

$$S = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \quad (2)$$

Data yang penulis dapatkan dar lapangan merupakan data beban pada sisi JTR sedangkan jaringan yang di *upgrade* adalah pada sisi JTM, maka untuk mengkonversi nilai beban dari JTR ke JTM dapat menggunakan persamaan (3) berikut:

$$\sqrt{3} \times V_{L-L} \times I_{TM} = 220 \times I_{TR} \quad (3)$$

Keterangan;

$V_{L-L} = 20 \text{ KV}$

I_{TM} = Arus pada sisi JTM

I_{TR} = Arus pada sisi JTR

Daya semu biasa juga disebut dengan daya total, karena merupakan hasil penjumlahan dari akar kuadrat P (daya aktif) dan Q (daya reaktif) sebagaimana persamaan (4)

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \quad (4)$$

Dimana, S = Daya semu (VA)
 P = Daya Aktif (Watt)
 Q = Daya Reaktif (VAR)
 V_{L-L} = Tegangan antar fasa (V)
 V_{L-N} = Tegangan fasa (V)
 I = Arus listrik (A)

Catatan:

$V_{L-L} = 20 \text{ KV}$
 $25 V_{L-N} = V_{L-L} \times \sqrt{3}$

Daya aktif [30] [29] atau disebut juga daya nyata adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif, dimana beban resistif sendiri adalah suatu komponen yang mengandung resistansi (ohm), yang secara umum ditemui dalam komponen-komponen rumah tangga.

Untuk 1 fasa ; ditunjukkan persamaan (5)

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (5)$$

Untuk 3 fasa; ditunjukkan persamaan (6)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (6)$$

Dimana;

P = Daya aktif (Watt)
 V = Tegangan yang mengalir (KV)
 I = Arus yang mengalir (A)
 $\cos \phi$ = Faktor daya jaringan

Daya reaktif [29][31] adalah daya yang diperlukan dalam pembentukan medan magnet atau daya yang diserap oleh beban yang bersifat induktif.

Untuk 1 fasa; ditunjukkan persamaan (7)

$$Q = V \times I \times \sin \phi \quad (7)$$

Untuk 3 fasa; ditunjukkan persamaan (8)

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \quad (8)$$

Dimana;

Q = Daya reaktif (KVAR)
 $\sin \phi$ = Faktor kerja (tergantung besarnya ϕ)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Pembebanan Trafo dan Prosentase (sebelum *upgrade*).

Data yang di peroleh penulis berupa data beban trafo 1 fasa sepanjang jalur JP4 125/1-42 atau percabangan jaringan yang terdapat 18 trafo 1 fasa yang memiliki arus X1+X2 yang di tunjukan pada tabel 1. Perhitungan pembebanan trafo dan presentasenya dapat dilakukan menggunakan persamaan 1. sebagai berikut:

3.1.1. Feeder Jeparu 4, JP4 125/3

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned} S &= V \cdot I \\ &= 220 \cdot (54,2 + 38,9) \\ &= 220 \times 93,1 \\ &= 20,48 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan sebesar 40,48 KVA pada trafo JP4 125/3, sedangkan untuk prosentase pembebanan trafo menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{20,48}{50 \times 100\%} \\ &= 40,96 \% \end{aligned}$$

Didapatkan pembebanan trafo sebesar 40,96% dari kapasitas maksimalnya.

3.1.2. Feeder Jepara 4, JP4 125/4

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned} S &= V \cdot I \\ &= 220 \cdot (82,2 + 52,5) \\ &= 220 \times 134,7 \\ &= 29,63 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan sebesar 29,63 KVA pada trafo JP4 125/4, sedangkan untuk prosentase pembebanan trafo menggunakan persamaan,

$$\begin{aligned} \% &= \frac{29,63}{50 \times 100\%} \\ &= 59,26 \% \end{aligned}$$

Didapatkan pembebanan trafo sebesar 59,26% dari kapasitas maksimalnya.

3.1.3. Feeder Jepara 4, JP4 125/11

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned} S &= V \cdot I \\ &= 220 \cdot (68,8 + 47,1) \\ &= 220 \times 115,9 \\ &= 25,49 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan sebesar 25,49 KVA pada trafo JP4 125/11, sedangkan untuk prosentase pembebanan trafo menggunakan persamaan,

$$\begin{aligned} \% &= \frac{25,49}{50 \times 100\%} \\ &= 50,98 \% \end{aligned}$$

Didapatkan pembebanan trafo sebesar 50,98% dari kapasitas maksimalnya.

3.1.4. Feeder Jepara 4, JP4 125/15

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned} S &= V \cdot I \\ &= 220 \cdot (69,9 + 54,1) \\ &= 220 \times 124 \\ &= 27,28 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan sebesar 27,28 KVA pada trafo JP4 125/15, sedangkan untuk prosentase pembebanan trafo menggunakan persamaan;

$$\begin{aligned} \% &= \frac{27,28}{50 \times 100\%} \\ &= 54,56 \% \end{aligned}$$

Didapatkan pembebanan trafo sebesar 54,56% dari kapasitas maksimalnya.

3.1.5. Feeder Jepara 4, JP4 125/17

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned} S &= V \cdot I \\ &= 220 \cdot (57,2 + 34,6) \\ &= 220 \times 91,8 \\ &= 20,19 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan sebesar 20,19 KVA pada trafo JP4 125/17, sedangkan untuk prosentase pembebanan trafo menggunakan persamaan;

$$\begin{aligned} \% &= \frac{20,19}{50 \times 100\%} \\ &= 40,38 \% \end{aligned}$$

Didapatkan pembebanan trafo sebesar 40,38% dari kapasitas maksimalnya.

Tabel 2. Perhitungan pembebanan trafo dan prosentase (sebelum *upgrade*).

No	Tiang	Daya (KVA)	X1 (A)	X2 (A)	Pembebanan (KVA)	Prosentase
1	125/3	50	54.2	38.9	20.48	40.96
2	125/4	50	82.2	52.5	29.63	59.26
3	125/11	50	68.8	47.1	25.49	50.98
4	125/15	50	69.9	54.1	27.28	54.56
5	125/17	50	57.2	34.6	20.19	40.38

Perhitungan beban 3 fasa (setelah dilakukan proses *upgrading*) melihat pada tabel 2. telah diketahui pembagian arus tiap fasa setelah upgrade pada sisi JTR 220 Volt, maka untuk mempermudah dalam menghitung pembagian beban penyulang secara menyeluruh, nilai arus diatas perlu diubah ke arus tegangan menengah 20 KV.

3.2. Perhitungan pembebanan trafo dan prosentase (setelah *upgrade*)

Proses *upgrading* ini beban pada jalur tapping 125/1-42 ini yang sebelumnya terdapat 18 trafo 1 fasa berdaya 50 KVA sekarang diganti menjadi hanya 8 trafo 3 fasa dengan rincian 6 trafo masing berdaya 100 KVA dan 2 trafo berdaya 200 KVA, untuk perhitungan pembebanan trafo dan presentasinya sebagai berikut:

3.2.1. Feeder Jepara 4, JP4 125/5 (100 KVA)

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo 3 fase menggunakan persamaan (1).

$$\begin{array}{lll}
 \text{Fasa R} & \text{Fasa S} & \text{Fasa T} \\
 S = V_{L-L} \times I & S = V_{L-L} \times I & S = V_{L-L} \times I \\
 = 220 \times 118 & = 220 \times 22 & = 220 \times 57 \\
 = 25,96 \text{ KVA} & = 4,84 \text{ KVA} & = 12,54 \text{ KVA}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ total 3 Fasa} &= \text{fasa R} + \text{fasa S} + \text{fasa T} \\
 &= 25,96 + 4,84 + 12,54 \\
 &= 43,34 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan pada trafo JP4 125/5 sebesar 43,34 KVA. Untuk menghitung prosentase trafo 3 fasa menggunakan persamaan berikut;

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{43,34 \text{ KVA}}{100 \times 100\%} \\
 &= 43,34 \%
 \end{aligned}$$

dengan demikian pemakaian daya pada trafo JP4 125/5 sebesar 43,34% dari penggunaan daya maksimalnya.

3.2.2. Feeder Jepara 4, JP4 125/16 (200 KVA)

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo 3 fasa menggunakan persamaan (1).

$$\begin{array}{lll}
 \text{Fasa R} & \text{Fasa S} & \text{Fasa T} \\
 S = S = V_{L-L} \times I & S = V_{L-L} \times I & S = V_{L-L} \times I \\
 = 220 \times 106 & = 220 \times 195 & = 220 \times 148 \\
 = 23,32 \text{ KVA} & = 42,90 \text{ KVA} & = 32,56 \text{ KVA}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ total 3 fasa} &= \text{fasa R} + \text{fasa S} + \text{fasa T} \\
 &= 23,32 + 42,90 + 32,56 \\
 &= 98,78 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan pada trafo JP4 125/16 sebesar 98,78 KVA. Untuk menghitung prosentase trafo 3 fasa menggunakan persamaan berikut;

$$\% = \frac{98,78 \text{ KVA}}{200 \times 100\%} = 49,39 \%$$

Dengan demikian pemakaian daya pada trafo JP4 125/16 sebesar 49,39% dari penggunaan daya maksimalnya.

3.2.3. Feeder Jepara 4, JP4 125/25 (100 KVA)

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo 3 fasa menggunakan persamaan (1).

Fasa R	Fasa S	Fasa T
$S = V_{L-L} \times I$	$S = V_{L-L} \times I$	$S = V_{L-L} \times I$
$= 220 \times 65$	$= 220 \times 92,3$	$= 220 \times 101$
$= 14,30 \text{ KVA}$	$= 20,30 \text{ KVA}$	$= 22,20 \text{ KVA}$

$$\begin{aligned}
 S \text{ total } 3 \text{ fasa} &= \text{fasa R} + \text{fasa S} + \text{fasa T} \\
 &= 14,30 + 20,30 + 22,20 \\
 &= 56,82 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan pada trafo JP4 125/25 sebesar 56,82 KVA. Untuk menghitung prosentase trafo 3 fasa menggunakan persamaan berikut;

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{56,82 \text{ KVA}}{100 \times 100\%} \\
 &= 56,82 \%
 \end{aligned}$$

Dengan demikian pemakaian daya pada trafo JP4 125/25 sebesar 56,82% dari penggunaan daya maksimalnya.

3.2.4. Feeder Jepara 4, JP4 125/31 (100 KVA)

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo 3 fasa menggunakan persamaan (1).

Fasa R	Fasa S	Fasa T
$S = V_{L-L} \times I$	$S = V_{L-L} \times I$	$S = V_{L-L} \times I$
$= 220 \times 60,3$	$= 220 \times 5,6$	$= 220 \times 26,2$
$= 13,26 \text{ KVA}$	$= 1,23 \text{ KVA}$	$= 5,76 \text{ KVA}$

$$\begin{aligned}
 S \text{ total } 3 \text{ fasa} &= \text{fasa R} + \text{fasa S} + \text{fasa T} \\
 &= 13,26 + 1,23 + 5,76 \\
 &= 20,26 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan pada trafo JP4 125/31 sebesar 20,26 KVA. Untuk menghitung prosentase trafo 3 fasa menggunakan persamaan berikut;

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{20,26 \text{ KVA}}{100 \times 100\%} \\
 &= 20,26 \%
 \end{aligned}$$

dengan demikian pemakaian daya pada trafo JP4 125/31 sebesar 20,26% dari penggunaan daya maksimalnya.

3.2.5. Feeder Jepara 4, JP4 125/33 (100 KVA)

Untuk melakukan perhitungan pembebanan trafo 3 fasa menggunakan persamaan (1).

Fasa R	Fasa S	Fasa T
$S = V_{L-L} \times I$	$S = V_{L-L} \times I$	$S = V_{L-L} \times I$
$= 220 \times 85,4$	$= 220 \times 53,4$	$= 220 \times 59,8$
$= 18,78 \text{ KVA}$	$= 11,96 \text{ KVA}$	$= 13,15 \text{ KVA}$

$$\begin{aligned}
 S \text{ total } 3 \text{ fasa} &= \text{fasa R} + \text{fasa S} + \text{fasa T} \\
 &= 18,78 + 11,96 + 13,15 \\
 &= 43,91 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai pembebanan pada trafo JP4 125/33 sebesar 43,91 KVA. Untuk menghitung prosentase trafo 3 fasa menggunakan persamaan berikut;

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{43,91 \text{ KVA}}{100 \times 100\%} \\
 &= 43,91 \%
 \end{aligned}$$

Dengan demikian pemakaian daya pada trafo JP4 125/33 sebesar 43,91% dari penggunaan daya maksimalnya

Tabel 3. Perhitungan pembebanan trafo dan prosentase (*setelah upgrade*).

No	Tiang	Kapasitas Daya (KVA)	JTR			Pembebanan (KVA)	Prosentase %
			R (A)	S (A)	T (A)		
1	125/5	100	118	22	57	43.34	43.34
2	125/16	200	106	195	148	98.78	49.39
3	125/25	100	65	92.3	101	56.82	56.82
4	125/31	100	60.3	5.6	26.2	20.26	20.26
5	125/33	100	85.4	53.4	59.8	43.91	43.91

Tabel 3. menunjukkan data pembebanan pada masing-masing trafo setelah upgrade pada jaringan JTR, dimana trafo terpasang sebelum *upgrade* berjumlah 18 trafo 1 fasa, diganti dengan 8 trafo 3 fasa. Tabel di atas juga menampilkan hasil pembagian arus perfasanya (R,S,T) setelah *upgrade*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian data dan hasil yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut; Untuk mengatasi permasalahan beban berlebih pada jaringan 1 fasa JP4 125/1-42 yang berada di desa krpyak adalah dengan *upgrade* (merekonstruksi) jaringan 1 fasa menjadi 3 fasa yang mana dilakukan hal tersebut bisa juga memiliki manfaat yang lain berupa memperbaiki drop tegangan maupun meningkatkan daya. Sebelum dilakukan upgrade jaringan tegangan menengah 1 fasa ini terdapat 18 trafo dengan daya 50 KVA (1 line) dengan beban total 99,62 dan setelah dilakukan proses *upgrade* trafo menjadi hanya 8 dengan rincian 6 berdaya 100 KVA dan 2 berdaya 200 KVA (3 line) dengan fasa R sebesar 33,94 A, fasa S sebesar 33.08 A, fasa T sebesar 32,67 A, untuk perbaikan *drop* tegangan yang sebelumnya pada jaringan 1 fasa 1,18 %, setelah *upgrade* menjadi 3 fasa menjadi 0,47 %. Total daya yang disuplai pada jp4 125/1-42 desa krpyak sebesar 1.134,46 KVA, sedangkan kemampuansaplay daya maksimal pada daerah tersebut yang sebelumnya sebesar 2942,7 KVA meningkat menjadi 8.828,1 KVA. Dengan demikian total daya yang disuplay saat ini baru sebesar 12,84 % dari suplai daya maksimalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Syukri, T. M. Asyadi, M. Muliadi, and F. Moesnadi, "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, 2022.
- [2] A. Rafianto, "Analisis Sistem *On Load Tap Changer (Oltc)* Pada Transformator 150/20 Kv Untuk Menjaga Kestabilan Tegangan Pada Gi Kaliwungu Jawa Tengah," *MEDIA Elektr.*, 2019.
- [3] K. A. Kodoati, I. F. Lisi, and I. M. Pakiding, "Analisa Perkiraan Umur Transformator," *J. Tek. Elektro*, 2015.
- [4] J. Qiu, Y. Liu, D. Lu, Y. Nie, and Z. Liu, "General Format of Fasa-Mode Transformation Matrices for 3 Fasa Power Systems and Applications to Transmission Line Protection," in *Proceedings of the 11th International Conference on Innovative Smart Grid Technologies - Asia, ISGT-Asia 2022*, 2022.
- [5] I. G. Ariana, I. G. D. Arjana, and I. W. Rinas, "Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi -Rugi Daya (Losses) Pada Transformator Di Penyulang Sedap Malam," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 2016.
- [6] Y. Igrisa, Y. Mohamad, and A. I. Tolago, "Analisis Perkiraan Umur Trafo Tenaga 150kV Di GI Isimu," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, 2021.
- [7] R. S. Sugiarto, U. Hanik, and B. E. Prasetyo, "Studi Kinerja Relay Proteksi pada Transformator II 150/20 KV 50 MVA dengan Penyulang Lakarsantri di GIS Karangpilang PT. PLN (Persero) UPT Malang ULTG," *ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, 2021.
- [8] T. S. Oepomo, M. Division, and A. Technology, "Graph Theory and Topology for 3 Fasa Power System," *Int. J. Res. Rev. Appl. Sci.*, 2012.
- [9] "Steady State Voltage Stability of Unbalanced Three-Fasa Power Systems," *Power Syst.*, 2012.
- [10] M. Ventosa, P. Linares, and I. J. Pérez-Arriaga, "Power System Economics," *Power Syst.*, 2013.
- [11] K. Nithiyananthan, R. Sundar, T. Ranganathan, and S. Samson Raja, "Virtual instrumentation based simple economic load dispatch estimator model for 3-fasa power system network," *J. Adv. Res. Dyn. Control Syst.*, 2017.
- [12] W. He, M. King, X. Luo, M. Dooner, D. Li, and J. Wang, "Technologies and economics of electric energy storages in power systems: Review and perspective," *Advances in Applied Energy*. 2021.
- [13] G. S. Et. al., "Instantaneous Power Theory For Unbalanced Voltage Compensation Of 3-Fasa Power Systems," *Turkish J. Comput. Math. Educ.*, 2021.
- [14] IEA, "The power of transformation Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems," IEA, 2014.
- [15] A. Faidlon, I. Setiawan, D. Hermawan, J. Teknik Elektro, and U. Diponegoro Semarang JI Sudharto, "Basis Active Rectifier Tiga Fase pada Kontroler PI," *CYCLOTRON*, vol. 4, no. 1, p. 2021, 2021.
- [16] S. Stoft, *Power System Economics*. 2010.
- [17] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, and R. Gorini, "The role of renewable energy in the global energy transformation," *Energy Strateg. Rev.*, 2019.
- [18] U. T. Salman, S. Shafiq, F. S. Al-Ismael, and M. Khalid, "A Review of Improvements in Power System Flexibility: Implementation, Operation and Economics," *Electronics (Switzerland)*. 2022.
- [19] T. Yang, L. Zhao, W. Li, and A. Y. Zomaya, "Reinforcement learning in sustainable energy and electric systems: a survey," *Annual Reviews in Control*. 2020.
- [20] U. Faruq, A. Ridho, M. Vrayulis, and E. Julio, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Etap 12.6," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind.)*, 2021.
- [21] A. Rofik and T. Y. R. Syah, "The effect of fuel mix, moderated by Indonesia crude price and foreign exchange, and power losses on profitability of PT PLN (PERSERO)," *Int. J. Energy Econ. Policy*, 2020.
- [22] R. A. Praptiwi, N. Rokhman, and W. Wahyono, "Case-Based Reasoning Using The Nearest Neighbor Method For Detection Of Equipment Damage To PLN Power Plant," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, 2020.
- [23] A. N. N. Chamim, R. A. , Al Hasibi, A. Jamal, S. Aprilia, Y. Jusman, and J. Jeckson, "Analysis of Potential Alternative Energy Sources for Electricity Conservation in Yogyakarta State Finance Building," *J. Electr. Technol. UMY*, 2019.
- [24] A. Y. Dewi, A. Effendi, and Ridwan, "Stability analysis of 20 kV system at PT PLN (PERSERO) rayon muaralabuh before and after interconnection by IPP (PLTMH PT. SKE)," in *MATEC Web of Conferences*, 2018.
- [25] A. Jafari, M. S. Nikoo, F. Karakaya, and E. Matioli, "Enhanced DAB for Efficiency Preservation Using Adjustable-Tap High-Frequency Transformer," *IEEE Trans. Power Electron.*, 2020.
- [26] D. L. Schultis and A. Ilo, "Effect of individual volt/var control strategies in link-based smart grids with a high photovoltaic share," *Energies*, 2021.
- [27] L. Kumar, M. K. Kar, and S. Kumar, "Reactive Power Management of Transmission Network Using Evolutionary Techniques," *J. Electr. Eng. Technol.*, 2023.
- [28] R. R. Pratama, H. Lukman, and A. Rahmah, "Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi," *J. Tek. Sipil Univ. Pakuan*, 2019.
- [29] A. Belly, H. Asep Dadan, C. Agusman, and B. Lukman, "Daya aktif, Reaktif & Nyata," *Univ. Indones.*, 2010.
- [30] S. Rizvi and A. Abu-Siada, "Active Power Sharing in a Micro-Grid with Multiple Grid Connections," *Designs*, 2022.
- [31] K. Y. Taufik and S. Syahrial, "Analisis Pengaruh Temperatur Stator terhadap Rugi-Rugi Daya Generator Unit 2 PLTP Kamojang," *J. Algoritm.*, 2021.

Sistem Peringatan Tersemat untuk Pengemudi Mengantuk

Embedded Alert System for Drowsy Drivers

Erika Lety Istikhomah Puspita Sari¹, I Ketut Agung Enriko²

¹Indonesia Telecommunication & Digital Research Institute, ²Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. Gegerkalong Hilir No.47, Bandung¹, Jl. D.I Panjaitan No.128, Purwokerto, Jawa Tengah²

Informasi Makalah

Diajukan : 10 Juni 2023

Diterima : 13 Juni 2023

Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Driver drowsiness Detection, Machine Learning, Facial Feature, Deep Learning, Embedded

Keyword:

Driver drowsiness Detection, Machine Learning, Facial Feature, Deep Learning, Embedded

INTISARI

Pendeteksian *Driver Drowsiness* (DDD) merupakan teknologi keselamatan kendaraan penting yang dirancang untuk mencegah kecelakaan akibat kantuk pengemudi. Dalam penelitian ini, pendekatan baru diajukan menggunakan model jaringan saraf konvolusi (CNN) ringan yang terdiri dari 44.853 parameter. Berkat ke ringannya, model ini bekerja secara efisien bahkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Hasil percobaan menunjukkan kinerja kompetitif model ini dibandingkan dengan model yang ada dengan ukuran input dan jumlah parameter yang lebih besar. Dalam hal akurasi, metode ini mencapai akurasi sebesar 92,06% pada dataset *Curtin Emotion Wheels* (CEW) yang mengesankan. Bahkan dalam kondisi pencahayaan yang sulit, performa model ini tetap luar biasa jika digabungkan dengan kamera termal. Secara khusus, model ini mencapai akurasi yang luar biasa sebesar 95,10% pada jarak kamera 0,3-meter dari wajah pengemudi. Selain itu, metode ini memiliki karakteristik kecepatan yang sangat baik, sehingga cocok digunakan pada perangkat tertanam. Kecepatan rata-rata perangkat Raspberry Pi 4 diperkirakan mencapai 5 frames per detik (FPS). Hal ini menunjukkan kepraktisan dan kelayakan penerapan pendekatan ini dalam skenario waktu nyata, yang semakin meningkatkan keselamatan pengemudi.

ABSTRACT

Driver Drowsiness Detection (DDD) is an important vehicle safety technology designed to prevent accidents caused by driver drowsiness. In this study, a novel approach is proposed using a lightweight Convolutional Neural Network (CNN) model consisting of 44,853 parameters. Due to its lightweight nature, this model operates efficiently even on devices with limited resources. Experimental results demonstrate the competitive performance of this model compared to existing models with larger input sizes and parameter counts. In terms of accuracy, this method achieves an impressive accuracy of 92.06% on the Curtin Emotion Wheels (CEW) dataset. Even in challenging lighting conditions, the performance of this model remains exceptional when combined with a thermal camera. Specifically, the model achieves an outstanding accuracy of 95.10% at a distance of 0.3 meters from the driver's face. Additionally, this method exhibits excellent speed characteristics, making it suitable for embedded devices. The average speed on a Raspberry Pi 4 device is estimated to be 5 frames per second (FPS). This demonstrates the practicality and feasibility of implementing this approach in real-time scenarios, further enhancing driver safety.

Korespondensi Penulis:

Erika Lety Istikhomah Puspita Sari
Indonesia Telecommunication and Digital Research Institute (ITDRI)
Jl. Gegerkalong Hilir No.47, Bandung
Email : erikalety459@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Saat ini, rasa kantuk pengemudi menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan lalu lintas. Sangat wajar bagi pengemudi yang berkendara jarak jauh tertidur di belakang kemudi. Mengemudi terus-menerus bisa melelahkan dan membosankan. Pengemudi mungkin merasa mengantuk bahkan tertidur karena kurangnya aktivitas. Namun, banyak pendukung kendaraan otonom berpendapat bahwa industri pertama yang sepenuhnya diubah oleh mobil/truk otonom (bahkan sebelum kendaraan komersial) adalah truk jarak jauh. Sistem DDD ini diharapkan dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas. Metode untuk mendeteksi kantuk diklasifikasikan menjadi metode subjektif dan objektif.

Dalam deteksi objektif, tidak ada umpan balik yang diberikan kepada pengemudi dan deteksi didasarkan pada karakteristik fisik pengemudi, sedangkan deteksi subjektif terkait dengan aspek fisik pengemudi. Jenis deteksi lensa dibagi lagi menjadi jenis kontak dan non-kontak. Sistem yang diusulkan didasarkan pada metode non-kontak karena lebih murah dibandingkan dengan metode kontak. Sistem pendeteksi kantuk tak lepas dari teknologi sensor yang digunakan untuk mendeteksi fitur wajah pengemudi. Tiga teknologi sensor yang umum digunakan adalah kamera RGB, sensor kedalaman, dan perangkat seluler [1].

Salah satu teknik deteksi tidur adalah kerangka deteksi *landmark* wajah berbasis database. Penelitian terkait analisis wajah telah menarik perhatian dalam beberapa tahun terakhir dan diharapkan dapat digunakan di berbagai bidang seperti perekaman video, pemantauan, pernikahan, perawatan kesehatan, dan pemantauan kebiasaan sehari-hari pengguna.

Salah satu teknik deteksi kantuk yang telah dikembangkan adalah kerangka deteksi *landmark* wajah berbasis database. Penelitian tentang analisis wajah telah menarik perhatian dalam beberapa tahun terakhir dan memiliki potensi aplikasi yang luas dalam berbagai bidang seperti perekaman video, pemantauan, perawatan kesehatan, dan pemantauan kebiasaan sehari-hari pengguna.

Tujuan dari fitur wajah adalah untuk mengenali aktivitas manusia dalam lingkungan tertentu. Pendekatan berbasis perilaku mencoba memprediksi kantuk berdasarkan perilaku seperti menguap, berkedip per menit, gerakan kepala, ekspresi wajah, dan rasio bentuk mata. Salah satu pendekatan yang paling populer dalam kategori ini adalah visi komputer. Dalam visi komputer, pemrosesan gambar wajah pengemudi digunakan untuk memprediksi kantuk pengemudi. Algoritme pembelajaran mendalam dalam visi komputer terbukti sangat efektif karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam tugas klasifikasi gambar [2].

Berdasarkan pemahaman dan analisis terhadap metode-metode yang ada, penelitian ini mengusulkan metode baru yang akan mengatasi beberapa kekurangan yang ada dalam deteksi kantuk pengemudi. Rincian tentang metode yang diusulkan dan alasan pemilihannya akan dijelaskan lebih lanjut di bagian selanjutnya naskah ilmiah ini.

2. METODE PENELITIAN

Dalam berbagai pendekatan, langkah-langkah diambil untuk deteksi *landmark* wajah, pelacakan objek, dan metode deteksi kegugupan pengemudi dapat digunakan dalam dua cara, yaitu pendekatan kontak atau pendekatan tanpa kontak. Sifat teknik ini sangat bergantung pada domain aplikasi. *Landmark* wajah merupakan fase yang penting namun menantang dalam deteksi kegugupan. Ini telah diterapkan untuk memecahkan masalah seperti penyesuaian wajah, estimasi posisi kepala, pertukaran wajah, deteksi kedipan, dll. Biasanya digunakan untuk menandai dan menggambarkan area penting wajah, alis, hidung, dan mulut [3].

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian terkait Analisis Wajah menjadi perhatian dan diharapkan dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti pengambilan video, pemantauan, kehidupan bantuan, perawatan kesehatan, dan pengamatan kebiasaan sehari-hari pengguna [4]. Fitur Wajah bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas yang dilakukan oleh orang dalam suatu lingkungan. Sistem Deteksi Kantuk tidak dapat dipisahkan dari teknologi sensor yang digunakan untuk mengenali fitur wajah pengemudi. Tiga teknologi sensor yang umum digunakan adalah kamera RGB, sensor kedalaman, dan perangkat *wearable* [5].

Salah satu teknik yang digunakan dalam deteksi kegugupan adalah kerangka kerja sistem identifikasi *landmark* wajah berbasis data [1]. Pengenalan tingkat kantuk manusia menggunakan kamera konvensional agak terbatas karena tidak dapat mendeteksi informasi internal tubuh manusia dan berbagai peristiwa yang sering tidak terlihat dengan baik. Penggunaan teknologi sensor yang menghasilkan peta kedalaman kondisi pengemudi akan bermanfaat dalam menyediakan lebih banyak detail untuk kebutuhan deteksi tingkat kantuk [2].

Secara umum, kegugupan dapat didefinisikan sebagai keadaan di mana kepala condong ke atas, condong ke salah satu sisi, condong ke belakang, atau tetap tidak bergerak selama beberapa detik. Selain itu, tingkat kantuk dapat diidentifikasi melalui gerakan mata. Sebelum terjadi kegugupan, mungkin tidak ada gerakan pupil, frekuensi kedipan yang berkurang, atau keadaan menguap [1].

Dalam penelitian ini, pendekatan yang menggunakan identifikasi visual dan menggunakan sensor untuk mendeteksi pengemudi yang teridentifikasi menggunakan sensor. *Eye Aspect Ratio* adalah salah satu teknik

yang tersedia yang digunakan dalam deteksi kegugupan untuk memperkirakan kondisi pengemudi. Dalam pendekatan sensor, dua sensor digunakan, yaitu sensor denyut nadi dan sensor gelombang otak. Sensor denyut nadi yang digunakan adalah *nama sensor* yang banyak digunakan dan umum digunakan dalam perangkat mikrokontroler. Sensor denyut nadi digunakan untuk mendeteksi perilaku denyut nadi saat pengemudi mengantuk [6]. Dalam pendekatan visual, penelitian ini menggunakan kamera yang mampu mengidentifikasi beberapa parameter seperti postur tubuh, ekspresi wajah, rambut, dan kondisi mata. Untuk mengidentifikasi kegugupan secara visual, penelitian ini menggunakan beberapa perangkat lunak seperti *python*, *mediapipe*, *jupyter*, *openCV*, dan *scikitLearn* [7]. Untuk *pipeline* dalam penelitian ini, dimulai dengan membaca aliran video dan memilih berapa banyak frame dalam video di mana frame tersebut akan diproses dan diidentifikasi untuk menentukan kondisi pengemudi dalam keadaan kantuk atau tidak [8].

Proses klasifikasi melibatkan beberapa teknik. Analisis Komponen Utama (PCA) umum digunakan untuk menemukan jumlah data yang lebih kecil dan tidak berkorelasi untuk mengurangi dimensi fitur [1]. Teknik klasifikasi lain yang diurutkan berdasarkan perkembangan historis adalah K-Nearest Neighbor (KNN) classifier [1] dan SVM [1, 2, 7, 10, 13], Hyper-sphere Multi-class SVM [6], Naive-Bayes [9, 10], Random Forest [10], *Multilayer Perceptron* (MLP) [7, 10], *Convolutional Neural Networks* (CNN) [4, 8, 13], LSTM [12, 14, 15, 16, 17], ResNet [20], Transformer [21, 22, 23]. Kompleksitas komputasi dari algoritma-algoritma di atas dalam memprediksi satu sampel berdasarkan yang tertinggi hingga yang terendah adalah $O(kN^2d)$ untuk KNN, $O(Knd^2)$ untuk Lapisan Konvolusi dalam CNN, $O(sd^2)$ untuk lapisan rekurent dalam LSTM, $O(s^2d)$ untuk lapisan self-attention dalam Transformer, $O(d(n+o))$ untuk MLP/ANN, $O(Td)$ untuk *Random Forest*, $O(dc)$ untuk Naïve Bayes, dan $O(d)$ untuk SVM. Di mana N adalah jumlah sampel dalam dataset, k adalah jumlah tetangga, K adalah jumlah kernel, d adalah jumlah fitur input, s adalah jumlah urutan, T adalah jumlah pohon, n adalah jumlah neuron, o adalah jumlah neuron keluaran, dan c adalah jumlah kelas. KNN tidak digunakan dalam eksperimen ini karena memiliki kompleksitas komputasi tertinggi dalam membuat prediksi. Selain itu, dengan adanya N , waktu eksekusi prediksi sangat dipengaruhi oleh ukuran dataset. Meskipun kompleksitasnya dapat dikurangi menjadi $O(\log(d)+N)$, waktu eksekusi tetap dipengaruhi oleh ukuran dataset [24]. SVM, *Naïve Bayes*, dan *Random Forest* memiliki kompleksitas yang hampir sama dengan model pembelajaran mesin yang ringan. Karena kami melakukan klasifikasi menggunakan fitur titik kunci yang diperoleh dari Fitur Wajah 3D, lapisan konvolusi tidak diperlukan lagi.

Video input diekstraksi menjadi beberapa baris frame/gambar untuk analisis pada tahap preprocessing. Untuk setiap prediksi, masukan yang digunakan adalah 3 frame secara berurutan dalam jendela waktu kecil. Metode yang telah kami kembangkan menggabungkan teknik tradisional perhitungan jarak euclidean dari data fitur wajah yang diperoleh melalui proses Deteksi *Landmark* Wajah dengan informasi tentang arah pandangan wajah. Sehingga proses pengambilan keputusan untuk menentukan kondisi mata tertutup/terbuka menjadi lebih fleksibel dengan besarnya perbedaan ambang batas dalam lebar mata yang berubah seiring perbedaan pandangan pengemudi.

A. *Preprocessing*

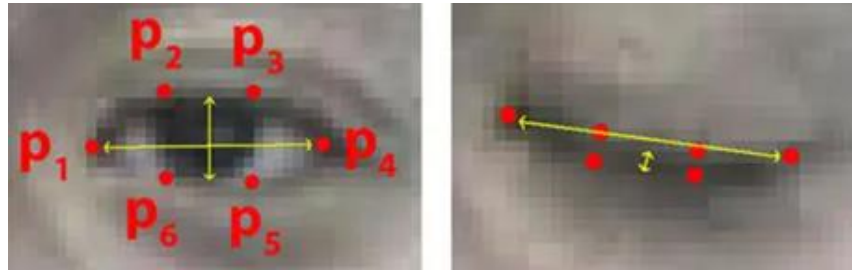
Proses deteksi kondisi mata dilakukan dalam jendela waktu 1,5 detik, kira-kira 3 frame berdasarkan kemampuan komputasi Raspberry Pi 4. Rentang waktu ini adalah estimasi durasi pengemudi yang dinyatakan menutup mata di tengah waktu dan tidak secara keliru dikenali sebagai kedipan.

B. *Face Detection*

Kami menggunakan model dari *BlazeFace*. *BlazeFace* adalah detektor wajah yang ringan dan memiliki performa baik yang dirancang khusus untuk inferensi GPU *mobile*. Ia berjalan dengan kecepatan 200-1000+ FPS pada perangkat flagship. Kinerja *super-realtime* ini memungkinkannya diterapkan pada pipa *augmented reality* apa pun yang membutuhkan wilayah minat wajah yang akurat sebagai masukan untuk model tugas tertentu, seperti estimasi titik kunci wajah 2D/3D atau geometri, fitur atau ekspresi wajah, dan segmentasi wajah.

C. *Face Landmark Identification*

Bekerja pada gambar penuh atau bingkai video, dapat berfungsi sebagai langkah pertama dari hampir semua aplikasi computer vision terkait wajah, seperti titik kunci wajah 2D/3D, estimasi geometri kontur atau permukaan, klasifikasi fitur atau ekspresi wajah, dan segmentasi wilayah wajah. Tugas berikutnya dalam pipa computer vision dapat ditentukan dalam hal pemotongan wajah yang tepat. Dikombinasikan dengan estimasi beberapa titik kunci wajah yang diberikan oleh *BlazeFace*, pemotongan ini juga dapat diputar sehingga wajah di dalamnya berada di tengah, dinormalisasi skala, dan memiliki sudut *roll* yang mendekati nol. Ini menghilangkan kebutuhan invariansi translasi dan rotasi yang signifikan dari model tugas khusus, memungkinkan alokasi sumber daya komputasi yang lebih baik.

Gambar 1. Tampilan *Face Landmark*

D. *EAR Calculation*

Untuk menghitung tingkat kegugupan pengemudi, penutupan mata harus didefinisikan. *Eye aspect ratio* (EAR) adalah rasio tinggi terhadap lebar mata, dan ini digunakan untuk membedakan apakah mata terbuka atau tertutup. Ketika EAR lebih besar dari nilai ambang batas 0,2, mata dianggap tertutup [10]. Penentuan lebar mata ditentukan berdasarkan 6 titik yang diambil dari fitur *landmark* mata. Kemudian, estimasi rasio lebar akan dilakukan melalui nilai jarak *euclidean*.

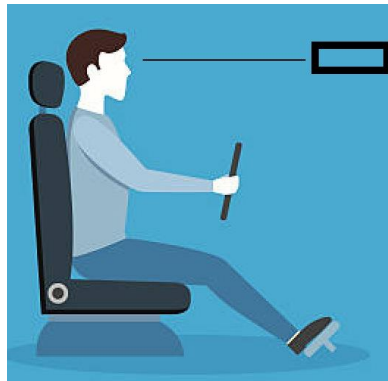
$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \dots (1)$$

E. *Eye Classifier*

Kami menggunakan empat pengklasifikasi untuk memprediksi tindakan. Pengklasifikasi tersebut diuji untuk melihat yang paling optimal dalam perhitungan dan akurasi. Pengklasifikasi yang kami gunakan dalam eksperimen ini adalah *SVM*, *Decision Tree*, *Random Forest*, dan *Naïve Bayes*. Perbedaan dalam jumlah lingkungan pengemudi digunakan sebagai bahan uji untuk menentukan model mana yang cocok untuk metode kami. Kami melakukan eksperimen terhadap pengaruh perbedaan penggunaan kacamata atau tidak. Enam fitur yang diperoleh dari langkah sebelumnya digunakan sebagai input untuk masing-masing pengklasifikasi.

F. *Simulation*

Proses simulasi dilakukan dalam kondisi nyata dengan kondisi saat siang dan malam. Dengan berbagai perbedaan intensitas cahaya dan penggunaan kacamata. Posisi kamera ditempatkan pada tingkat mata.



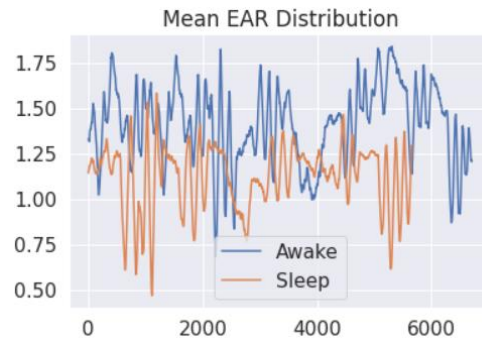
Gambar 2. Tampilan Mengemudi

G. *Metric Evaluation*

Kinerja dihitung melalui empat metrik: akurasi, presisi, recall, dan skor F1. Semakin tinggi nilai metrik tersebut, semakin baik kinerja modelnya. Selain itu, kecepatan pelatihan dan inferensi juga diperhatikan untuk mengetahui seberapa efisien model-model tersebut.

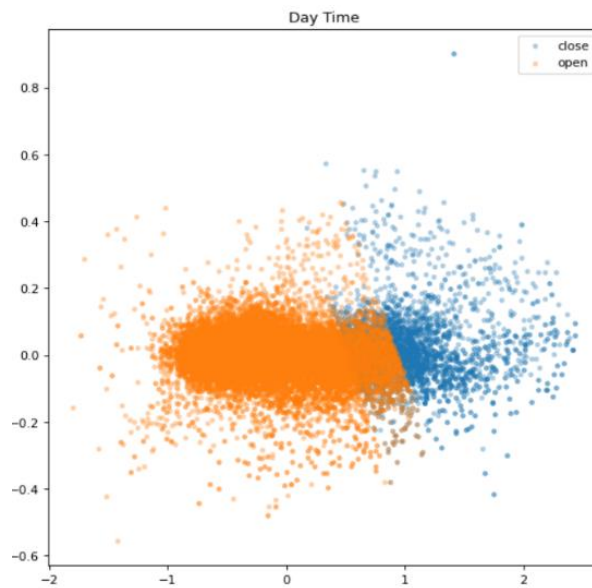
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dua eksperimen dilakukan untuk menyelidiki model yang dikembangkan untuk mengimplementasikan sistem Deteksi Kegugupan. Pertama, mereka dievaluasi untuk mengklasifikasikan kondisi mata menggunakan tiga model yang berbeda dalam kondisi siang hari. Kedua, mereka dievaluasi untuk mengklasifikasikan kondisi mata dengan menggunakan model yang sama dalam kondisi malam hari. Akhirnya, kinerja dan waktu pemrosesan mereka dievaluasi dengan cermat.



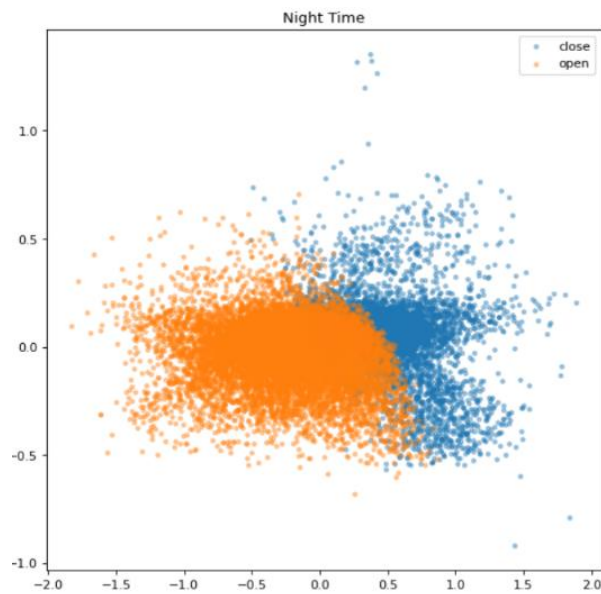
Gambar 3. Tampilan *Mean EAR Distribution*

A. Klasifikasi pada kondisi waktu siang hari



Gambar 4. 2D PCA Diagram Scatter Fitur untuk Kondisi Siang Hari

B. Klasifikasi pada kondisi waktu malam hari



Gambar 5. Diagram Scatter Fitur untuk Kondisi Malam Hari

Tabel 1. Hasil Perbandingan Percobaan dalam Kondisi Siang Hari dan Malam Hari

Model	Distance	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy
Siang Hari	0.2 m	95.50%	94.30%	95.20%	95.10%
	0.5 m	94.50%	94.30%	95.05%	90.05%
Malam Hari	0.2 m	93.96%	90.30%	94.15%	92.06%
	0.5 m	97.53%	88.27%	89.86%	87.10%

Pada tabel 1, dapat melihat perbandingan kinerja model yang diusulkan pada kondisi siang dan malam hari. Dapat dilihat bahwa akurasi model tersebut cukup baik baik pada siang maupun malam hari dengan akurasi di atas 90%. Pada siang hari, akurasi terbaik mencapai 95,19% dan 87,10% pada malam hari. Semakin dekat jarak pengemudi, akurasi cenderung semakin baik, tentunya karena gambar akan lebih jelas. Pada kondisi malam, jarak antara 0,5 m dan 0,2 m memiliki kesenjangan yang cukup jauh dibandingkan dengan jarak kamera lainnya.

C. Processing Time

Pada tabel 3, dapat melihat perbandingan kecepatan inferensi untuk setiap sub-proses dari model *pipeline* yang kami bangun. Dapat dilihat bahwa proses paling berat terdapat pada *Face Landmark Detection* dengan kecepatan 0,05 detik pada perangkat dengan GPU dan 0,10 detik pada perangkat Raspberry Pi 4. Perbedaan kecepatan antara GPU desktop dan Raspberry Pi 4 sekitar 2 kali lebih cepat dibandingkan dengan GPU desktop. FPS yang diperkirakan dapat diperoleh oleh Raspberry Pi 4 adalah 5 FPS, ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan tepat untuk dijalankan pada perangkat *embedded*.

Tabel 2. Processing Time Proposed Method

Device	Model	Mean Speed (Seconds)	Total FPS
Desktop GPU	Face Landmark Detection	0.05	15
	Eye Classification	0.000088	
	Face Landmark Detection	0.10	
Raspberry Pi 4	Eye Classification	0.01	5

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan Model DDD (*Driver Drowsiness Detection*) yang menggunakan metode klasifikasi untuk mendeteksi kondisi mengantuk pada pengemudi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model yang diusulkan mampu mencapai keseimbangan antara akurasi dan kecepatan. Meskipun memiliki ukuran input dan jumlah parameter yang lebih kecil dibandingkan model yang tersedia, metode ini masih mampu bersaing dengan kinerja yang baik.

Selain itu, metode ini terbukti efektif dalam berbagai situasi, termasuk dalam kondisi pencahayaan rendah dengan bantuan kamera inframerah. Pada jarak kamera 0,2 meter dari wajah pengemudi, metode ini mencapai akurasi terbaik sebesar 95,10%.

Dari segi kecepatan, metode ini juga cocok untuk diimplementasikan pada perangkat *embedded*, seperti Raspberry Pi 4, dengan kecepatan rata-rata sekitar 5 frame per detik (FPS).

Namun, perlu dicatat bahwa dalam naskah ini tidak dijelaskan secara rinci mengenai sistem peringatan atau "*alert system*" yang digunakan setelah terdeteksi kondisi mengantuk pada pengemudi. Informasi lebih lanjut mengenai sistem peringatan yang diimplementasikan dan bagaimana metode ini dapat berkontribusi dalam meningkatkan keselamatan pengemudi perlu ditambahkan dalam naskah ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Ashwini, R. Amutha, and S. Aswin Raj, "Skeletal Data based Activity Recognition System," *Proc. 2020 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2020*, pp. 444–447, 2020, doi: 10.1109/ICCSP48568.2020.9182132.
- [2] C. Changhong and G. Zongliang, "Action recognition from a different view," *China Commun.*, vol. 10, no. 12, pp. 139–148, 2013, doi: 10.1109/CC.2013.6723886.
- [3] N. Dawar and N. Kehtarnavaz, "Continuous detection and recognition of actions of interest among actions of non-interest using a depth camera," *Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP*, vol. 2017-Septe, pp. 4227–4231, 2018, doi: 10.1109/ICIP.2017.8297079.
- [4] E. P. Ijjina and C. K. Mohan, "Human action recognition based on recognition of linear patterns in action bank features using convolutional neural networks," *Proc. - 2014 13th Int. Conf. Mach. Learn. Appl. ICMLA 2014*, pp. 178–182, 2014, doi: 10.1109/ICMLA.2014.33.
- [5] O. C. Ann and L. B. Theng, "Human activity recognition: A review," *Proc. - 4th IEEE Int. Conf. Control Syst. Comput. Eng. ICCSCE 2014*, no. March, pp. 389–393, 2014, doi: 10.1109/ICCSCE.2014.7072750.
- [6] J. Liu, J. Yang, Y. Zhang, and X. He, "Action recognition by multiple features and hyper-sphere multi-class SVM," *Proc. - Int. Conf. Pattern Recognit.*, pp. 3744–3747, 2010, doi: 10.1109/ICPR.2010.912.
- [7] M. Mobark, S. Chuprat, and T. Mantoro, "Improving the accuracy of complex activities recognition using accelerometer-embedded mobile phone classifiers," *Proc. 2nd Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/IAC.2017.8280606.
- [8] S. Park and D. Kim, "Study on 3D action recognition based on deep neural network," *ICEIC 2019 - Int. Conf. Electron. Information, Commun.*, pp. 1–3, 2019, doi: 10.23919/ELINFOCOM.2019.8706490.
- [9] T. Perumal, Y. L. Chui, M. A. Bin Ahmadon, and S. Yamaguchi, "IoT based activity recognition among smart home residents," *2017 IEEE 6th Glob. Conf. Consum. Electron. GCCE 2017*, vol. 2017-Janua, no. Gcce, pp. 1–2, 2017, doi: 10.1109/GCCE.2017.8229478.
- [10] P. M. D. Alex, A. Ravikumar, J. Selvaraj, and A. Sahayadhas, "Research on human activity identification based on image processing and artificial intelligence," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3.27 Special Issue 27, pp. 174–178, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i3.27.17754.
- [11] H. Wang and L. Wang, "Cross-Agent Action Recognition," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 28, no. 10, pp. 2908–2919, 2018, doi: 10.1109/TCSVT.2017.2746092.
- [12] P. Mishra, S. Dey, S. S. Ghosh, D. B. Seal, and S. Goswami, "Human Activity Recognition using Deep Neural Network," *2019 Int. Conf. Data Sci. Eng. ICDSE 2019*, pp. 77–83, 2019, doi: 10.1109/ICDSE47409.2019.8971476.
- [13] M. M. Hossain Shuvo, N. Ahmed, K. Nouduri, and K. Palaniappan, "A hybrid approach for human activity recognition with support vector machine and 1d convolutional neural network," *Proc. - Appl. Imag. Pattern Recognit. Work.*, vol. 2020-Octob, pp. 6–10, 2020, doi: 10.1109/AIPR50011.2020.9425332.
- [14] Y. Chen, K. Zhong, J. Zhang, Q. Sun, and X. Zhao, "LSTM Networks for Mobile Human Activity Recognition," no. January 2016, 2016, doi: 10.2991/icaite-16.2016.13.
- [15] S. Yu, L. Qin, and Q. Yin, "A C-LSTM Neural Network for Human Activity Recognition Using Wearables," 2018 Int. Symp. Sens. Instrum. IoT Era, ISSI 2018, no. 6140017010001, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ISSI.2018.8538129.
- [16] S. K. Yadav, K. Tiwari, H. M. Pandey, and S. A. Akbar, "Skeleton-based human activity recognition using ConvLSTM and guided feature learning," *Soft Comput.*, vol. 26, no. 2, pp. 877–890, 2022, doi: 10.1007/s00500-021-06238-7.
- [17] W. Zhu et al., "Co-Occurrence feature learning for skeleton based action recognition using regularized deep LSTM networks," 30th AAAI Conf. Artif. Intell. AAAI 2016, no. September 2017, pp. 3697–3703, 2016.
- [18] E. Cippitelli, S. Gasparrini, E. Gambi, and S. Spinsante, "A Human Activity Recognition System Using Skeleton Data from RGBD Sensors," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/4351435.
- [19] S. Gaglio, G. Lo Re, and M. Morana, "Human Activity Recognition Process Using 3-D Posture Data," *IEEE Trans. Human-Machine Syst.*, vol. 45, no. 5, pp. 586–597, 2015, doi: 10.1109/THMS.2014.2377111.
- [20] H. Pham, L. Khoudour, A. Crouzil, P. Zegers, and S. A. Velastin, "Learning and recognizing human action from skeleton movement with deep residual neural networks," pp. 25 (6 .)-25 (6 .), 2017, doi: 10.1049/cp.2017.0154.
- [21] B. Jiang, J. Yu, L. Zhou, K. Wu, and Y. Yang, "Two-Pathway Transformer Network for Video Action Recognition," pp. 1089–1093, 2021, doi: 10.1109/icip42928.2021.9506453.
- [22] J. He and S. Gao, "TBSN: Sparse-Transformer Based Siamese Network for Few-Shot Action Recognition," 2021 2nd Inf. Commun. Technol. Conf. ICTC 2021, pp. 47–53, 2021, doi: 10.1109/ICTC51749.2021.9441568.
- [23] H. Seong, J. Hyun, and E. Kim, "Video multitask transformer network," *Proc. - 2019 Int. Conf. Comput. Vis. Work. ICCVW 2019*, no. 1, pp. 1553–1561, 2019, doi: 10.1109/ICCVW.2019.00194.

Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Volume 5 No 1 Juni 2023

1. KETENTUAN UMUM

Artikel yang diterima yaitu artikel yang belum pernah dipublikasikan dalam jurnal apapun berupa atau tidak dalam status telah diterima (accepted) untuk dipublikasikan

2. PETUNJUK PENULISAN

2.1. Diketik dengan spasi 1 dalam kertas ukuran A4 dengan jenis huruf Time New Roman 10. Tulisan yang akan dimuat menggunakan bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang baik.

2.2. Susunan artikel terdiri dari : Judul (Bahasa dan English), Nama Penulis, Abstrak (Bahasa dan English), Kata Kunci (maksimal 5), Pendahuluan, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima kasih (optional) dan Daftar Pustaka.

2.3. Ketentuan Penulisan Artikel :

- a. **Judul** : Judul dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris (Kapital setiap kata)
- b. **Nama Penulis** : ditulis lengkap tidak disingkat tanpa gelar, disertai nama dan alamat institusi, beserta email korespondensi
- c. **Abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, terdiri dari 100-250 kata dan memuat tentang : Latar belakang singkat jika ada, Tujuan dan atau ruang lingkup penelitian, Metode (singkat) yang digunakan, Ringkasan hasil /finding, Simpulan. Abstrak ditulis dengan font time new roman 9
- d. **Kata kunci** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, maksimal 5 kata
- e. **Pendahuluan** : berisi kondisi atau masalah yang melatar belakangi atau menginspirasi pelaksanaan kegiatan penelitian. Berisi kajian review literatur atau penelitian sebelumnya secara singkat. Data – data yang mendukung penelitian dari paper-paper yang lain dan paragraph terakhir berisi tujuan penelitian (tidak memuat tinjauan teori). Pernyataan kesenjangan (orisinalitas) atau kontribusi kebaruan (novelty statement) atau beda unik penelitian ini dibanding penelitian sebelumnya , juga dari sisi penting tidaknya penelitian tersebut dilakukan .
- f. **Metode Penelitian** : menguraikan cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. Meliputi alat, bahan dan metode yang digunakan dalam pemecahan masalah
- g. **Hasil dan Pembahasan** : Menjelaskan tentang hasil atau luaran peneliti yang membahas tentang perbedaan antara hasil dengan teoritis ataupun dengan penelitian lain yang relevan. Penjelasan dapat menggunakan tabel, gambar dan *chart* yang memudahkan pembaca dalam memahami isi artikel.
- h. **Kesimpulan** : ditulis secara ringkas tetapi menggambarkan substansi kesimpulan hasil penelitian dan rekomendasi dari hasil penelitian. Kesimpulan menjawab permasalahan atau tujuan penelitian atau menghasilkan sebuah teori baru
- i. **Ucapan Terima Kasih** : ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang pantas , terutama kepada lembaga atau orang yang benar benar membantu penelitian , misalnya : kepada pemberi dana penelitian , fasilitas , bahan , atau saran
- j. **Daftar Pustaka** : Daftar pustaka dan citation ditulis dengan font time new roman 9. Daftar Pustaka disusun berdasarkan urutan sitasi dalam artikel dan diberi nomor, model *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Penulisan daftar pustaka dan sitasi harus menggunakan software reference manager (e.g. Mendeley) untuk memudahkan dalam editing dan review. Minimal 15 referensi